

# ***SIMPOSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUINOS E AVES***

*01 de outubro de 1998 – Concórdia, SC*

## **ANAIS**



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

*Presidente: Fernando Henrique Cardoso*

*Ministro da Agricultura e do Abastecimento: Francisco Turra*

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA**

*Presidente: Alberto Duque Portugal*

*Diretores: Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Elza Ângela Battaggia Brito da Cunha  
José Roberto Rodrigues Peres*

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SUÍNOS E AVES - CNPSA**

*Chefe Geral: Dirceu João Duarte Talamini  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento de Suínos:  
Paulo Roberto Souza da Silveira  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento de Aves:  
Gilberto Silber Schmidt  
Chefe Adjunto de Apoio Técnico e Administrativo:  
Ademir Francisco Giroto*

***SIMPOSIO SOBRE  
GRANULOMETRIA DE  
INGREDIENTES E RAÇÕES  
PARA SUINOS E AVES***

***15 e 16/09/98 – Concórdia, SC***

***ANAIS***



*Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 52*

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

**Embrapa Suínos e Aves**  
**Br 153 - Km 110 - Vila Tamandua**  
**Caixa Postal 21**  
**89.700-000 - Concórdia - SC**

**Telefone: (049) 4428555**  
**Fax: (049) 4428559**

*Tiragem: 400 exemplares*

*Tratamento Editorial: Tânia Maria Biavatti Celant*

SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E  
RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia, SC.  
**Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1998. 74 p.  
(EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 52).

1. Suíno-ração-granulometria. 2. Ave-ração-granulometria.  
I. Título. II. Série.

*CDD 636.4085*

© EMBRAPA - 1998

## ***PROMOÇÃO***

Embrapa Suínos e Aves

## ***APOIO E PATROCÍNIO***



NOVUS



## ***ORGANIZAÇÃO***

Paulo A.R. de Brum	(Embrapa Suínos e Aves)
Dirceu L. Zanotto	(Embrapa Suínos e Aves)
Helenice Mazzuco	(Embrapa Suínos e Aves)

## ***COMISSÃO DE APOIO***

- Cícero J. Monticelli
- Dianir Formiga
- Rosali S. Vanzin
- Sérgio Renan Alves
- Sandra S. Schirmann
- Tânia M.B. Celant
- Tânia M. G. Scolari
- Vania M. Faccio

## **SUMARIO**

<b>GRANULOMETRIA DE RAÇÕES: ASPECTOS FISIOLÓGICOS</b> Antônio Mário Penz Júnior e Neori Magro .....	01
<b>INFLUENCIA DA GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES DE DIETAS NO DESENVOLVIMENTO DE LESÕES GÁSTRICAS EM SUÍNOS</b> Nelson Mores .....	13
<b>GRANULOMETRIA DO MILHO EM RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES: DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E DESEMPENHO ANIMAL</b> Dirceu L. Zanotto e Cícero J. Monticelli .....	26
<b>GRANULOMETRIA DE MICROCOMPONENTES PARA RAÇÕES DE SUÍNOS E AVES</b> Paulo Tabajara Chaves Costa .....	48
<b>IMPLICAÇÕES DA GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES NA QUALIDADE DE PELETES E NA ECONOMIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES</b> João Domingos Biagi.....	57
<b>TAMANHO DAS PARTÍCULAS DE MILHO MOÍDO PARA RAÇÕES E COMO MEDI-LAS FACILMENTE ATRAVÉS DO GRANULOMETRO</b> Claudio Bellaver, Dirceu L. Zanotto e Paulo A.R. de Brum .....	71



---

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**  
**Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves**  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento  
Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC  
Telefone: (049) 4428555 Fax(049) 4428559  
[cnpsa@cnpsa.embrapa.br](mailto:cnpsa@cnpsa.embrapa.br)

Ministério da  
Agricultura e do  
Abastecimento

# **GRANULOMETRIA DE RAÇÕES: ASPECTOS FISIOLÓGICOS**

*Antonio Mario Penz Junior  
Neori Magro*

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Departamento de Zootecnia  
Porto Alegre - RS

## **1. Introdução**

O assunto granulometria de ingredientes e de rações ultimamente tem sido muito considerado pelos pesquisadores e nutricionistas. Suínos e aves apresentam diferenças anatomo-fisiológicas do aparelho digestivo e de comportamento alimentar significativas e que por muito tempo não foram valorizadas. Por estas características não terem sido consideradas, a premissa na preparação de uma dieta, por parte dos nutricionistas, normalmente foi de que quanto mais moída fosse a ração melhor seria o aproveitamento dos nutrientes pelo melhor contato deles com os sucos digestivos, favorecendo a digestão e a absorção. Já a área de produção de ração sempre preferiu produzir dietas com moagem mais grosseira pelo aumento na eficiência (toneladas/hora) de produção. Entretanto, a granulometria da ração deverá ser mais fina ou mais grossa, dependendo da espécie em questão. Assim deve ser pois, os suínos preferem dietas com partículas mais finas que aquelas desejadas pelas aves. Já em 1948, ELEY e BELL haviam identificado que frangos alimentados com ingredientes mais grosseiramente moídos apresentaram maior consumo e menor perda de alimento. Entretanto, não é somente o tamanho das partículas dos alimentos, normalmente expresso pelo diâmetro geométrico médio (DGM), que deve ser considerado. Também é importante, para caracterizar a granulometria da dieta, a amplitude de dispersão do tamanho das partículas, representada pelo desvio padrão geométrico (DPG).

Este trabalho tem a finalidade de avaliar alguns aspectos anatomo-fisiológicos que distinguem os suínos das aves e as consequências destas diferenças no processo digestivo e que são afetadas pela granulometria dos ingredientes da dieta.

## **2. Aspectos anatômicos do aparelho digestivo das aves**

Vários são os livros textos que descrevem as características anatômicas do aparelho digestivo das aves e dos suínos. Entre eles, pode ser citado o trabalho de Moran (1982), que publicou uma obra comparando os tratos digestivos das aves e dos suínos.



Nas aves, a boca é a estrutura composta pelo bico, língua, coana e infundíbulo. Os movimentos de toda esta estrutura são coordenados pelo nervo glossofaríngeo, que determina a apreensão e a ingestão do alimento, auxiliado por uma visão extremamente competente. Nas aves, o paladar e o olfato são bastante deficientes.

O esôfago é um segmento relativamente longo, com aproximadamente 11,5 cm, nos frangos de corte com 20 dias de idade e 35 cm, nos galos com 1,5 anos. Várias espécies avícolas, entre elas a Gallus domesticus que possuem um divertículo, o papo. Esta estrutura pode sofrer distensão. Todo o esôfago possui glândulas mucosas que têm a função de lubrificar o alimento quando da sua passagem da boca até o pró-ventrículo. Quando o papo está cheio, ocorre um processo inibitório de consumo de alimento, que faz com que as aves parem de alimentar-se.

O proventrículo é uma estrutura localizada entre o esôfago inferior e a moela, sendo recoberto por uma camada mucosa secretora glandular, responsável pela secreção de pepsinogênio e ácido clorídrico. Um possível armazenamento de alimento só ocorre nesta estrutura em aves que não possuem papo. A moela possui características morfológicas específicas. Tem um grande desenvolvimento muscular. É altamente innervada e com uma camada interna com submucosa firme. Tem um revestimento resistente e abrasivo, chamado koilin, que serve para proteger a mucosa contra eventuais danos provocados pela pressão dos grãos e de alimentos, quando da contração, e contra o efeito corrosivo das enzimas e dos ácidos. Quando um alimento finamente moído é oferecido às aves que não têm acesso a pedriscos, a moela torna-se flácida e pouco ativa no processo de moagem e mistura do alimento com o suco digestivo.

O intestino delgado das aves é semelhante ao dos mamíferos. Porém, é mais curto, medindo em torno de 65 cm, nos frangos de corte com 20 dias de idade e 140 cm, nos galos com 1,5 anos. A porção proximal do intestino delgado, em forma de "U", envolve o pâncreas e é denominada de duodeno. Na parte distal do duodeno estão as saídas dos dutos pancreáticos e biliares. As secreções provenientes do fígado e do pâncreas chegam a parte proximal do duodeno por antiperistalse. Seguindo o duodeno tem o jejuno e após o íleo.

O intestino grosso é relativamente curto, mede em torno de 10 cm, nos frangos de corte com 20 dias de idade e 28 cm, nos galos com 1,5 anos. Sua principal função é estocar material para ser excretado e reabsorver água. A primeira estrutura é o ceco. Na espécie Gallus domesticus, existem dois ceca, cada um medindo 5 cm, nos frangos de corte com 20 dias de idade e 17 cm, nos galos com 1,5 anos. A função dos ceca é de permitir a digestão de carboidratos estruturais, através da fermentação microbiana. Após os ceca vem a estrutura chamada de cólon/reto que é um tubo curto e estreito que estende-se da junção íleo-ceco-cólica até a cloaca. A cloaca é um segmento comum aos sistemas digestivo, urinário e reprodutivo, sendo dividida em 3 partes. O coprodeum recebe os dejetos do aparelho digestivo. O urodeum recebe os produtos provenientes dos sistemas urinário e reprodutivo e o proctodeum é que comunica as outras estruturas com o ânus.

### **3. Aspectos anatômicos do aparelho digestivo dos suínos**

Anatomicamente, o aparelho digestivo dos suínos é bastante diferente daquele das aves (MORAN, 1982). Como principais diferenças podem ser citadas:

- A boca tem lábios móveis que auxiliam na apreensão dos alimentos. A língua não é rígida, e participa do processo de homogenização do alimento com a saliva e da ingestão de água. Na boca, a presença de glândulas salivares muito ativas secretam amilase e muco. A amilase proporciona o início da digestão do amido.

- O esôfago é longo e comunica a boca com o estômago. Esta estrutura é rica em glândulas secretoras de muco, substância que favorece a movimentação do alimento até o estômago.

- O estômago é muito desenvolvido, com capacidade de 8 litros. Tem musculatura muito ativa e que favorece a homogenização do alimento com as secreções digestivas (pepsina e ácido clorídrico). Exceto na região gastro-esofageana, que tem poucas glândulas mucosas, toda a superfície do estômago tem estas glândulas que secretam muco, que protege o tecido estomacal da ação da pepsina e do ácido clorídrico.

- O intestino delgado é bastante longo (18,3 m), sendo também dividido em três compartimentos, o duodeno, o jejuno e o íleo. Nos suínos, o pâncreas não está preso ao duodeno como nas aves e os dutos pancreático e biliar desembocam na parte proximal do duodeno e não na parte distal do mesmo, como nas aves.

- Os suínos não têm ceco funcional. A ação microbiana sobre os carboidratos estruturais ocorre no intestino grosso, que também tem a finalidade de recolher os dejetos e permitir a última oportunidade da absorção da água e de substâncias hidrossolúveis.

- O intestino grosso tem 5 m e termina no ânus em uma estrutura independente dos sistemas urinário e reprodutivo.

### **4. Efeito do tamanho das partículas na ingestão de alimento pelas aves**

Nas aves, o tamanho do bico determina a ingestão de alimentos. MORAN (1982) mostrou que as aves têm dificuldade de consumir partículas maiores ou menores do que o tamanho de seus bicos e isto é que estabelece para cada ave a preferência por um determinado tamanho da partícula. PORTELLA, CASTON e LEESON (1988) confirmaram que a preferência alimentar por partículas de diferentes tamanhos é influenciada pela idade dos frangos de corte ou poedeiras e deve estar relacionada com o tamanho do bico e não com a composição química do alimento. Os autores verificaram que frangos mais jovens, ao consumir a ração, produzem mais finos e isto faz com que a concentração de cálcio aumente na ração não ingerida. Já os frangos com mais idade são mais

seletivos e durante o consumo de alimento produzem menos finos e isto evita a separação do cálcio. NIR, MELCION e PICARD (1990) comentaram que frangos jovens são capazes de identificar diferenças pequenas no tamanho das partículas dos alimentos. NIR, SHEFET e AARONI (1994) confirmaram estas considerações quando em um experimento com frangos de corte verificaram que mesmo aos sete dias de idade os animais preferiram partículas maiores (Tabela 1). Em um outro experimento os autores mostraram que o tamanho de partícula que apresentou o melhor resultado foi aquele de 0,769 mm de DGM e com o menor DPG. Também MAGRO RIBEIRO e PENZ (sd) verificaram que frangos de corte com idade entre 21 a 42 dias, consumiram mais ração e tiveram maior ganho de peso quando foram alimentados com dietas produzidas com milho com maior DGM (Tabela 2). MUNT, DINGLE e SUMPA (1995) demonstraram que oferecendo a oportunidade de livre escolha de ingredientes para frangos com 21 dias de idade, nas primeiras 56 horas de consumo, eles tiveram uma escolha errática dos ingredientes. Entretanto, após aquele período, metade do consumo foi de grão de trigo, 1/3 de um concentrado proteico com vitaminas e minerais e 1/7 de grão de sorgo. Pela análise de consumo de ingredientes, os frangos alimentados à livre escolha balancearam o consumo de nutrientes de maneira similar ao consumo das dietas farelada ou peletizada (Tabela 3). Logo, por aqueles resultados, o consumo não pode estar vinculado exclusivamente ao tamanho das partículas, como sugeriu PORTELLA, CASTON e LEESON (1988). Aparentemente, os frangos conseguem identificar suas necessidades nutricionais. A este fenômeno tenho usado a expressão de “palatabilidade metabólica” e que não está condicionada ao tamanho de partículas mas sim a necessidades nutricionais identificadas pelo metabolismo intermediário. No experimento de MUNT, DINGLE e SUMPA (1995), os frangos com livre escolha de consumo de alimento tiveram o maior peso de moela e o pior desempenho. Os autores sugeriram que esta perda no desempenho, mesmo consumindo quantidades similares de nutrientes, pode ter sido devido ao maior exercício pela busca dos nutrientes ou pela demora do trato digestivo, especialmente a moela, acomodar-se anatomicamente para armazenar e favorecer o processo de digestão dos grãos inteiros. Isto permite ressaltar os riscos da desuniformidade de uma dieta para frangos de corte em que eles podem escolher as partículas de sua preferência comprometendo o desempenho.

LINDENMAIER e KARE (1959) relataram que o paladar e o olfato das aves são menos desenvolvidos que os dos mamíferos. Entretanto, estas deficiências são compensadas por mecanorreceptores localizados no bico (BERKHOUDT, 1984). As células receptoras respondem ao estímulo do contato do alimento de forma similar aos estímulos motivados pelo paladar e pelo olfato nos mamíferos, ou seja, pela transmissão de impulsos centrais através das fibras aferentes do nervo glossofaríngeo. Estes receptores são encontrados principalmente na ponta dos bicos inferior e superior (BERKHOUDT, 1994). McINTOSH et al. (1962) observaram que frangas em crescimento, cujos bicos foram cortados, não consumiram grãos do tamanho da ração de crescimento. SAVORI (1979) comentou que o tamanho e a consistência das partículas dos alimentos podem afetar as respostas sensoriais que estabelecem as alterações nos procedimentos de consumo. Ganchrow e Ganchrow (1985), citados por MACARI e FURLAN

(1994), mapearam os receptores gustativos em aves e verificaram que dos 316 receptores, 69% estão presentes no palato superior 29% no palato inferior e apenas 2% na língua. Estes números são pequenos quando comparados com os 15.000 receptores gustativos dos suínos.

**Tabela 1 - Efeito do tamanho de partículas das dietas no consumo de ração de frangos com 7 dias de idade.**

	Tamanho das partículas		
	Fina	Média	Grossa
DGM (mm)	0,625	1,168	2,052
Consumo (g)	5,50 c	9,02 b	10,40 a

Adaptado de Nir, Shefet e Aaroni, 1994.

**Tabela 2 - Efeito da granulometria do milho sobre o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP), a conversão alimentar (CA) e peso da moela (PM) de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade.**

DGM (mm)	C R (g)	G P (g)	C A (g/g)	PM (g)
367	2412 b	1430 b	1,689 a	26 d
769	2414 b	1529 ab	1,579 b	36 bc
889	2444 ab	1543 ab	1,588 b	35 c
1100	2604 ab	1569 a	1,662 ab	41 ab
1175	2623 a	1613 a	1,627 ab	42 a
1224	2536 ab	1566 ab	1,619 ab	43 a

Magro, Ribeiro e Penz (sd) (dados não publicados) P < 0,05.

**Tabela 3 - Composição nutricional das dietas farelada e peletizada e da mistura de ingredientes consumidos à livre escolha por frangos de 21 a 42 dias de idade.**

Nutrientes	Dietas Farelada e Peletizada	Consumo à livre escolha
EMA (MJ/kg)	11,80	12,09
Proteína Bruta (%)	20,2	21,0
Cálcio (%)	1,53	1,40
Pósforo Total (%)	0,82	0,70

Adaptado de Munt, Dingle e Sumpa, 1995.

PORTELLA, CASTON e LEESON (1988) avaliaram o efeito da troca repentina do tamanho de partícula no consumo de alimento. Os autores dividiram os frangos de corte, com 21 dias de idade, em dois grupos onde um permaneceu recebendo a dieta peletizada e moída e o outro passou a receber uma dieta peletizada. Como pode ser visto na Tabela 4, a troca do tamanho de partículas

não comprometeu o consumo de alimentos dos frangos com aquela idade. Entretanto, os mesmos autores (PORTELLA, CASTON e LEESON, 1987), trabalhando com poedeiras, identificaram que a troca de uma dieta com partículas regulares para uma dieta com partículas maiores que 2,36 mm promoveu uma redução de consumo de alimento por um período de 4 dias.

**Tabela 4 - Efeito da troca do tamanho das partículas no consumo de frangos de corte.**

Tratamentos	Consumo de Alimento (g)				Ganho Peso (g)	Conv. Alimentar (g/g)
	Dia 1	Dia 3	Dia 5	Dia 7		
Moída-Moída	111	106	113	122	470	1,9
Moída-Pelete	117	109	110	115	448	1,8

Adaptado de Portella, Caston e Leeson, 1988.  $P > 0,05$ .

NIR et al. (1995) avaliaram o tipo de moagem no desempenho de frangos de corte e verificaram que, quando o sorgo foi moído em moinho de rolo, os ganhos de peso dos machos e das fêmeas foram estatisticamente superiores ( $P < 0,01$ ) aos dos frangos alimentados com dieta moída em moinho martelo. Este melhor desempenho foi favorecido pelo maior DGM das dieta moída no moinho de rolo. Porém, os autores também recomendaram considerar o DPG nas avaliações de granulometria e que, segundo eles, quanto menor o valor do DPG melhor o desempenho dos frangos. A presença de pó na dieta, que favorece o aumento do DPG, também causa aglomeração de material pastoso no bico, aumenta o consumo de água e a perda de alimento nos bebedouros (ELEY e BELL, 1948).

## **5. Efeito do tamanho das partículas nas características anatomo-fisiológicas das aves**

O tamanho das partículas tem um efeito muito significativo nas características anatômicas e fisiológicas do aparelho digestivo. Alguns trabalhos foram desenvolvidos avaliando estas alterações. Entre eles, pode ser citado o de NIR et al. (1994) que verificaram que aos 7 e 21 dias de idade o peso e o conteúdo da moela foram positivamente afetados pelo aumento do tamanho das partículas da dieta. Entretanto, os mesmos autores verificaram que, ao contrário do observado na moela, dietas com partículas mais finas aumentaram o peso e o conteúdo do duodeno. Com relação ao pH, o valor na moela diminuiu com o aumento do tamanho das partículas e no duodeno ocorreu exatamente o contrário. Partículas grossas aumentaram o pH (Tabela 5). A redução de pH no intestino causada por partículas menores foi interpretada pelos autores como eventualmente causada pela fermentação bacteriana naquele local, promovendo a produção de ácidos graxos voláteis. Este tipo de resposta no pH, quando as

aves alimentam-se com partículas grosseiras, deve ser interpretado como apropriado pois é esperado para a melhor ativação enzimática um pH baixo na moela e um pH alto no intestino. Os autores (NIR et al., 1994) também verificaram que diferentes grãos, tendo o mesmo perfil de tamanho de partícula (DGM e DPG) alteraram as características do aparelho digestivo dos frangos de forma diferente. O milho promoveu um maior peso de moela e menores peso e conteúdo de intestino que aqueles causados pelo trigo. MAGRO, RIBEIRO e PENZ (sd) observaram, em frangos de corte aos 42 dias de idade, que o peso da moela foi positivamente relacionado com o tamanho das partículas do milho que compunha a dieta.

**Tabela 5 - Efeito do tamanho das partículas do milho, trigo e sorgo nos diferentes órgãos dos frangos de corte de 7 a 21 dias de idade.**

	Textura		
	Fina	Média	Grossa
DGM (mm)	0,574 a 0,675	1.132 a 1.228	2.01-2.10
DPG (mm)	1,31 a 1,40	1,28 a 1,35	1,19 a 1,21
7 dias de idade			
Peso de Moela (g/100 PC) *	3.95 b	4.50 a	4.87 a
Conteúdo da Moela (g/100 PC) *	1.38 b	2.96 a	3.02 a
pH da Moela *	3.47 a	3.03 b	2.74 b
21 dias de idade			
Peso de Moela (g/100 PC) *	2.22 c	2.80 b	3.13 a
Conteúdo da Moela (g/100 PC) *	0.44 b	2.20 a	2.03 a
Peso do duodeno (g/100 PC) **	1.25 a	0.89 b	1.07 b
Peso do jejuno + íleo (g/100 PC)	3.75	3.15	3.44
Conteúdo jejuno + íleo (g/100 PC) ***	3.95 a	2.90 b	2.94 b
Peso dos seca (g/100 PC)	1.82	1.51	1.60
pH do intestino *	5.97 b	6.23 a	6.35 a
pH da moela *	3.57 a	2.77 b	2.91 b

Adaptado de Nir et al., (1994). Avaliação do efeito principal textura.

\*P<0,01 \*\*P<0,02 \*\*\*P<0,07.

Lott (1989), citado por LOTT et al. (1992), sugeriu que a velocidade de passagem de partículas grandes pela moela é mais lenta que a de partículas pequenas. Entretanto, LOTT et al. (1992) compararam o desempenho de frangos entre 1 a 21 dias de idade, recebendo dietas com milho com DGM de 0,716 e 1,196 mm. Os autores verificaram que os frangos consumindo a dieta com maior granulometria tiveram pior desempenho. Eles consideraram que o motivo pode ter sido de que partículas grandes proporcionaram uma velocidade de passagem da moela para o intestino tão lenta que chegou a comprometer o desempenho dos animais. NIR et al. (1994) demonstraram que a redução de velocidade de passagem do alimento da moela para o intestino em frangos alimentados com dietas com granulometria maior veio acompanhada por um aumento de consumo da dieta e uma melhor velocidade de ganho. Também verificaram que partículas

grandes presentes no intestino delgado proximal aumenta o peristaltismo e melhora a utilização dos alimentos (NIR et al., 1995).

## **6. Efeito do tamanho das partículas na ingestão de alimentos pelos suínos**

Em suínos, vários trabalhos têm evidenciado o efeito do tamanho das partículas na ingestão de alimentos e na consequente melhora no desempenho dos animais. Dos últimos citados está os de WONDRA et al. (1995a) que trabalharam com porcas primíparas, alimentadas com dietas contendo milho com partículas variando no DGM de 1,2 mm a 0,4 mm. Na Tabela 6 pode ser visto que os autores não verificaram efeito do tamanho das partículas no peso das fêmeas, na perda da espessura de toucinho, no intervalo desmame-cio, na percentagem de retorno ao cio e na mortalidade dos leitões. Entretanto, verificaram efeitos lineares no aumento do consumo de alimento diário das porcas ( $P < 0,04$ ) e no peso das leitegadas ( $P < 0,05$ ) com a diminuição do tamanho das partículas do milho ( $P < 0,04$ ). A diminuição do tamanho das partículas do milho melhorou, de forma linear, as digestibilidades aparentes da matéria seca, do nitrogênio e da energia bruta da dieta ( $P < 0,001$ ). Também melhorou, de maneira linear, o consumo de energia digestível, de matéria seca digestível e de nitrogênio digestível ( $P < 0,001$ ) e diminuiu, também de maneira linear, a excreção de matéria seca e nitrogênio ( $P < 0,001$ ). Os autores recomendaram que porcas primíparas devem receber dieta com milho tendo DGM de 0,4 mm. Já com porcas de segundo parto, os mesmos autores (WONDRA et al., 1995b), usando as mesmas granulometrias empregadas para o milho do experimento anterior, não verificaram efeito do tamanho de partículas no peso das porcas, na perda de espessura de toucinho e no desempenho da leitegada. Entretanto, continuaram observando um efeito linear na digestibilidade da matéria seca ( $P < 0,001$ ) e quadrático na digestibilidade do nitrogênio ( $P < 0,007$ ). Os autores identificaram também que a redução do tamanho das partículas melhorou de forma linear ( $P < 0,01$ ) o valor de energia metabolizável aparente (EMA) das dietas sendo que os piores resultados foram observados com a maior granulometria. A dieta com milho de 0,40 mm proporcionou uma EMA de 3.745 kcal/kg e o de 1,20 mm uma EMA de 3.399 kcal/kg. Para porcas de segunda parição os autores recomendaram partículas do milho com DGM de 0,4 a 0,6 mm.

**Tabela 6 - Efeito da granulometria do milho no desempenho e na digestibilidade de nutrientes empregados por porcas primíparas.**

Parâmetros	Tamanho das partículas do milho (mm)				
	1,20	0,90	0,60	0,40	Probabilidade
CDR (kg)	4,19	4,24	4,40	4,43	0,04 (lin)
GP leitegada aos 21 dias (kg)	34,9	36,7	38,2	38,6	0,05 (lin)
Dig. Apar. MS (%)	84,2	85,1	86,4	88,3	0,001 (lin)
Dig. Apar. N (%)	83,2	85,3	86,9	89,1	0,001 (lin)
Dig. Apar. EB (%)	83,8	85,3	87,1	90,0	0,001 (lin)
Cons. MS (g/d)	3,762	3,818	3,958	3,991	0,001 (lin)
Cons. EB (Mcal/d)	13,7	14,1	15,0	15,6	0,001 (lin)
Excreção MS (g/d)	594	569	538	467	0,001 (lin)
Excreção N (g/d)	19,1	16,9	15,6	13,1	0,001 (lin)

Adaptado de Wondra et al., 1995.

Trabalhando com suínos na fase de terminação, WONDRA et al. (1995c) identificaram que partículas de milho com granulometria de 1,00; 0,80; 0,60 e 0,40 mm não afetaram o consumo de alimento mas a redução das partículas do milho melhorou de forma linear a eficiência alimentar ( $P < 0,001$ ), de forma quadrática a digestibilidade da energia bruta ( $P < 0,03$ ) e reduziu de forma linear a excreção de matéria seca e de nitrogênio ( $P < 0,001$ ). A peletização das dietas, independente do tamanho das partículas do milho tendeu a melhorar o consumo de alimento ( $P < 0,15$ ), melhorou o ganho de peso diário ( $P < 0,01$ ) e a eficiência alimentar ( $P < 0,001$ ). Os autores sugeriram que nesta fase o DGM do milho deve ser de 0,60 mm. Anteriormente, HEALY et al. (1994) identificaram que suínos com idade entre 22 e 36 dias tiveram melhor desempenho quando receberam dieta contendo milho ou sorgo com DGM de 0,3 mm. Já quando o período considerado foi de 22 a 57 dias o melhor DGM foi de 0,5 mm.

Nos três experimentos os autores (WONDRA et al., 1995 a,b,c) concluíram que o aumento da digestibilidade dos nutrientes foi devido ao aumento da superfície de contato dos ingredientes com os sucos digestivos e ao aumento da uniformidade das partículas, determinado pelo DPG.

## **7. Efeito do tamanho das partículas nas características anatomo-fisiológicas dos suínos**

Embora a maioria dos estudos demonstrem que os suínos preferem dietas finamente moídas, um dos problemas que restam para resolver é de como manter o bom desempenho dos animais sem que haja o aparecimento de úlceras gastro-esofageanas. Quanto mais fina a moagem dos ingredientes maior é a incidência de úlceras (WONDRA et al., 1995 a,b,c), independente da fase de produção em que encontram-se os animais (Tabela 7). NIELSEN (1994) comentou que as úlceras gastro-esofageanas podem causar até 1% de mortalidade dos rebanhos.



**Tabela 7 - Efeito do tamanho das partículas do milho na incidência de úlcera e queratinização da região gastro-esofageana.**

Fases	Tamanho das partículas do milho (mm)											
	1,20		1,00		0,90		0,80		0,60		0,40	
	Quer	Ulc	Quer	Ulc	Quer	Ulc	Quer	Ulc	Quer	Ulc	Quer	Ulc
Porcas	1,3	1,3			2,1	1,4			1,4	2,7	2,8	1,9
1º parto												
Porcas	1,2	1,6			1,9	2,0			1,7	2,8	1,9	3,2
2º parto												
Terminação			1,4	1,1			2,4	1,2	2,5	1,5	3,2	1,8

Adaptado de Wondra et al., 1995 a,b,c. Os valores aumentam de 1 a 4, sendo 1 = normal e 4 = severo.

As úlceras são observadas em animais que permanentemente estão em estresse, como ocorre em humanos. Além disto, dietas peletizadas e com pouca fibra bruta também favorecem os quadros de úlceras. Entretanto, são as partículas finas que mais promovem a incidência desta patologia.

REIMANN et al. (1968) identificaram que suínos alimentados com dietas contendo milho finamente moído apresentaram significativamente mais lesões no estômago. Também verificaram que a troca de milho finamente moído por milho quebrado, 40 horas antes do abate, promoveu uma redução significativa de lesões gástricas dos suínos quando comparados com aqueles que permaneceram recebendo milho moído. Os autores identificaram que a redução do tamanho de partículas causou um aumento do conteúdo de hexosamina, um aumento do percentual de umidade, uma maior fluidez e uma maior atividade de pepsina e uma redução da pressão osmótica do conteúdo gástrico, mas tudo isto sem alterar o pH. Eles concluíram que as lesões gástricas estavam associadas com a fluidez da ingesta e com a atividade de pepsina. Entretanto os mesmos autores (REIMANN et al; 1968) citaram Robert (1963) que afirmou que o aumento da secreção de hexosamina é um indicador da produção de muco, que aumenta com a presença de partículas finas. Assim, o aparecimento das lesões gastro-esofageanas não ocorre por falta de secreção de muco. Já CURTIN, GOETSCH e HOLLANDBECK (1963) comentaram que o aumento do nível de hexosamina poderia proporcionar alterações na composição e não na quantidade de mucina. Esta alteração na composição é que poderia também estar colaborando para o maior aparecimento das lesões. Observações similares foram feitas por MAXWELL et al. (1972). Os autores usaram água marcada (com trítio) e empregaram nas dietas milho fina (MFM) ou grosseiramente moído (MGM). Determinando a atividade de água em 17 diferentes regiões do estômago, eles verificaram que suínos alimentados com MFM tinham a água marcada uniformemente distribuída em todo o estômago. Aqueles que foram alimentados com MGM tinham a água marcada mal distribuída no estômago sendo que a região gastro-esofageana tinha a menor quantidade de água. Acompanhado com a diferença de distribuição de água, os autores também verificaram a coincidente diferença de pH nas diferentes regiões do estômago. O MGM também fez com que todas as regiões do estômago tivessem um menor percentual de umidade. Assim, a conclusão dos autores coincidiu com aquela de REIMANN et al. (1968),

sugerindo que as lesões gastro-esofageanas foram maiores em suínos alimentados com MFM pois o conteúdo estomacal foi mais fluído, permitindo uma maior mistura do conteúdo no estômago e, por consequência, possibilitando que o ácido clorídrico e a pepsina proveniente da parte inferior do estômago, chegassem a região gastro-esofageana, mais desprovida de secreção mucosa, protetora de epitélio. Posteriormente HEALY et al. (1994), trabalhando com leitões desmamados com 22 dias de idade também verificaram que partículas de milho com 0,30 mm fizeram com que o conteúdo estomacal fosse mais fluído que o daqueles que consumiram dieta com milho com DGM de 0,90 mm ( $P < 0,001$ ). Eles também verificaram que leitões alimentados com milho tiveram os estômagos mais fluídos que aqueles que foram alimentados com sorgo.

Rubin e Farber (1988), citados por HEALY et al. (1994), comentaram que o comprometimento permanente das células do estômago podem levar a hiperplasia, metaplasia e displasia das mesmas. Isto é que dá a característica de deformação do tecido epitelial.

## 8. Conclusões

As aves e os suínos apresentam algumas características anatomo-fisiológicas muito significativas. Estas diferenças é que fazem com que as suas respostas a diferentes tamanhos de partículas dos ingredientes sejam diferentes. As aves preferem partículas grosseiras e os suínos partículas finas. O tamanho das partículas pode influenciar o consumo de alimento e a digestão dos ingredientes no trato gastrointestinal pela alteração da anatomia do aparelho digestivo e pela alteração nas secreções digestivas. Em suínos, partículas finas, que favorecem a utilização dos nutrientes, também provocam o aparecimento de úlceras gastro-esofageanas. O ideal é trabalhar com uma determinada granulometria dos ingredientes da dieta que proporcione a melhor utilização dos nutrientes, sem que haja o aparecimento das úlceras.

## 9. Referências Bibliográficas

1. BERKHOUDT, H. 1984. Structure and function of avian taste receptors. Vol. in: Form and Functions in Birds. Academic Press. New York. NY.
2. CURTIN, T.M., G.D. GOETSCH e R. HOLLANDBECK. 1963. Clinical and pathological characterization of esophagogastric ulcers in swine. J Am. Vet. Med. Assoc. 143:854-863.
3. ELEY, C.P. e J.C.BELL. 1948. Particle size of broiler food as a factor in the consumption and excretion of water. Poultry Sci. 27:660.
4. HEALY, B. J., J. D. HANCOCK, G.<sup>A</sup> KENNEDY, P.J. BRAMEL-COX, K.C.BEHNKE e R.H.Hines. 1994. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nurse piglets. J.Anim. Sci. 72:2227-2236.
5. LINDMAIER, P. e M.R. KARE. 1959. The taste end organs of the chicken. Poultry Sci. 38:545-550.

6. LOTT, B.D., E.J. DAY, J.W. DEATON E J.D. MAY 1992. The effect of temperature, dietary energy level and corn particle size on broiler performance. *Poultry Sci.* 71:618-624.
7. MACARI M. e FURLAN L.R. 1994. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte, FUNEP/UNESP, Jaboticabal.
8. MAGRO, N., RIBEIRO, A.M.L. e A.M. PENZ JR.sd. 1998. Efeito da granulometria do milho no desempenho de frangos de corte de 21 a 42 dias de idade. (não publicado).
9. MAXWELL, C.V., E.M. REIMANN, W.G. HOEKSTRA, T. KOWALCZYK, N.J. BENEVENGA e R.H. GRUMMER. 1972. Use of tritiated water to asses, in vivo, the effect of dietary particle size on the mixing of stomach contents of swine. *J. Anim. Sci.* 34:212-216.
10. MCINTOSH, J.I., S.J. SLINGER, I.R.. SIBBALD Y G.C. ASHTON. 1962. The effects of three physical forms of wheat on the weight gain and feed efficiencies of pullets from hatching to fifteen weeks of age. *Poultry Sci.* 41:438-444.
11. MORAN, E.T. JR. 1982. Comparative Nutrition of the Fowl and Swine - The Gastrointestinal Systems. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
12. MUNT, R.H.C., J.G. DINGLE e M.G. SUMPA. 1995. Growth, carcass composition and profitability of meat chickens given pellets, mash and free choice. *British Poultry Sci.* 36:277-284.
13. NIELSEN, K. 1994. Rolled wheat as an aid to avoiding stomach problems in pigs. *Feed Mix* 2:16-19.
14. NIR, I., J.P. MELCION e M. PICARD. 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. *Poultry Sci.* 69:2177-2184.
15. NIR, I., G. SHEFET e Y. AARONI. 1994. Effect of particle size on performance. 1. Corn. *Poultry Sci.* 73:45-49.
16. NIR, I., R. HILLEL, G. SHEFET e Z. NITSAN. 1994. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain Texture interactions. *Poultry Sci.* 73:781-791.
17. NIR, I., R. HILLEL, I. PTICHI e G. SHEFET. 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poultry Sci.* 74:771-783.
18. PORTELLA, F.J., L.J. CASTON e S. LEESON. 1987. Apparent feed particle size preference by laying hens. *Can. J. Anim. Sci.* 68:915-922.
19. PORTELLA, F.J., L.J. CASTON e S. LEESON. 1988. Apparent feed particle size preference by broilers. *Can. J. Anim. Sci.* 68:923-930.
20. REIMANN, E.M., C.V. MAXWELL, T. KOWALCZYK, N.J. BENEVENGA, R.H. GRUMMER e W.G. HOEKSTRA. 1968. Effect of fineness of grind of corn on gastric lesions and contents of swine. *J. Animal Sci.* 27:992-999.
21. SAVORY, C.J. 1979. Feeding Behavior. pp. 277-323. In: Food Intake Regulation in Poultry. K.N. Boorman y B.M.Freeman. British Poultry Science Ltd. Edinburgh, Scotland.
22. WONDRA, K.J., J.D. HANCOCK, G.A, KENNEDY, R.H. HINES e K.C. BEHNKE. 1995. Reducing particle size of corn in lactation diets from 1.200 to 400 micrometers improves sows and litter performance. *J. Animal Sci.* 73:421-426.
23. WONDRA, K.J., J.D. HANCOCK, G.A. KENNEDY, K.C. BEHNKE e K.R. WONDRA. 1995b. Effects of reducing particle size of corn in lactation diets on energy and nitrogen metabolism in second-parity sows. *J. Animal Sci.* 73:427-432.
24. WONDRA, K.J., J.D. HANCOCK, K.C. BEHNKE, R.H. HINES e C.R. STARK. 1995c. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility and stomach morphology in finishing pigs. *J. Animal Sci.* 73:757-763.

# **INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES DE DIETAS NO DESENVOLVIMENTO DE LESÕES GÁSTRICAS EM SUÍNOS**

***Nelson Mores***

Méd. Vet., M.Sc., Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21, CEP 89700-000, Concórdia, SC.

## **Introdução**

A influência da granulometria das rações sobre o desenvolvimento de lesões na região esofágica (RE) do estômago dos suínos tem sido bem documentada na literatura (Maxwell et al., 1970, Potkins et al., 1989, Mores et al., 1993, Ganter et al., 1996, Ayles, et al., 1996b). Então, parece consenso que a granulometria da dieta é um importante fator associado a ocorrência de úlcera esofágica-gástrica (UEG) em suínos nas diferentes fases de criação. Mas, para melhor compreensão avaliaremos todos os aspectos envolvidos na ocorrência da UEG em suínos.

A UEG é restrita RE, região aglandular do estômago, e ocorre em suínos de todas as idades, embora seja mais comum naqueles com mais de seis semanas de idade. Frequentemente, suínos de engorda são encontrados mortos como resultado de uma maciça hemorragia intra-gástrica. Nestas circunstâncias, o exame clínico cuidadoso de todo o lote pode revelar a presença de suínos pálidos com fezes enegrecidas. Porém, muitos outros aparentemente normais, podem apresentar lesões subclínicas. Nos casos graves, há um curto período de manifestações clínicas de anemia, fraqueza, inapetência, vômitos e melena. Aqueles afetados cronicamente apresentam anorexia, melena intermitente, perda de peso e pode culminar com a morte ou recuperação lenta. Em porcas e machos reprodutores ocorre também vômitos frequentes, baixa temperatura retal, rigidez do lombo e rugir de dentes, indicativos de dor.

Na patogênese da UEG vários eventos morfológicos ocorrem. As alterações iniciam-se com paraqueratose e/ou hiperqueratose do epitélio estratificado da RE, seguindo-se a ocorrência de erosões e finalmente a ulceração. O epitélio da RE normalmente apresenta-se branco e liso, tornando-se rugoso, irregular e espesso e que pode ser facilmente desprendido quando há paraqueratose. A erosão do epitélio progride para a ulceração com exposição das papilas e lâmina própria e, conseqüentemente, rompimento de vasos sangüíneos e sangramento. A área ulcerada pode atingir pequena porção da RE ou toda a área formando uma depressão oval ou quadrada semelhante a uma cratera e com tecido fibroso nas bordas. Geralmente, a UEG atinge apenas a submucosa e raramente as camadas musculares.

A evolução da UEG grave dos suínos, geralmente, é para morte repentina ou para caquexia. Eventualmente, se as causas predisponentes forem retiradas, pode haver resolução por tecido de granulação e a RE sofre reepitelização, mas nestes casos, geralmente, ocorre estenose do cárdia, dificultando a ingestão de alimento (Ganter et al. 1996).

## Ocorrência da UEG em suínos e efeito sobre a produção

As perdas econômicas decorrentes por mortes de suínos devido a UEG é difícil de ser estimadas, uma vez que geralmente ocorre de forma esporádica e a maioria dos animais não são necropsiados para estabelecer o diagnóstico. Ciacci et al. (1991) examinaram 417 suínos mortos ou sacrificados por não terem possibilidade de recuperação, oriundos de 3 rebanhos, e encontraram UEG em 23,7% como causa patológica única ou em associação com outras doenças. A nível de frigorífico, a ocorrência de UEG em suínos, em idade de abate, varia muito de rebanho para rebanho. Roppa et al. (1995), em levantamento realizado em abatedouros dos estados do Paraná e Santa Catarina, encontraram ocorrência de 5,5% de úlcera, 27,3% de erosões e 30,0% de lesões de paraqueratose.

Elbers et al. (1995), examinando suínos dos 25 aos 107 kg de peso, de dois rebanhos, verificaram uma prevalência de 75% e 89% nos rebanhos A e B, respectivamente, com hiperqueratose na RE e 11% de ambos os rebanhos com erosões extensivas e/ou ulcerações. Em média, os suínos que apresentavam lesões de erosões extensivas e/ou úlcera ganharam 50 a 75 g de peso a menos em comparação com aqueles sem lesões. Entretanto, Guise et al. (1997) não observaram influência da UEG sobre o ganho de peso dos animais, em um estudo envolvendo 15 rebanhos em que a prevalência foi de 22,9%. Algumas dessas contradições podem ser atribuídas ao uso de diferentes métodos estatísticos e à diferenças nos métodos de classificação das lesões.

Por outro lado, como a úlcera gástrica geralmente vem acompanhada de outras doenças, principalmente a pneumonia (Kieckhofer & Bollwahn, 1995; Ganter et al., 1996; Friendship et al., 1996), o seu efeito sobre o ganho de peso pode ser confundido. Kieckhofer & Bollwahn (1995) observaram que de 69 suínos necropsiados com UEG, 50 tinham pneumonia grave, 10 moderada e apenas 9 não tinham pneumonia. Na Tabela 1 pode-se observar diferenças no ganho de peso e conversão alimentar para diferentes graus de severidade das lesões na PE.

**Tabela 1 - Relação entre escore de úlcera e crescimento por um período de sete semanas – avaliação por endoscopia.**

	Escore de úlcera*		
	1	2	3
Nº de suínos	20	17	7
Ganho de peso médio – kg/dia	0,96	0,95	0,90
Consumo médio – Kg/dia	2,35	2,86	2,98
Conversão alimentar	2,43	2,99	3,29

\*1 = paraqueratose; 2 = ulceração moderada; 3 = ulceração severa.

Fonte: Friendship et al. (1996).

## Patogênese no desenvolvimento das lesões na RE

Os mecanismos exatos envolvidos no desenvolvimento das lesões de paraqueratose e ulceração na RE não são completamente entendidos. Vários trabalhos (Maywell et al., 1970, Simonsson & Björklund, 1978, Healy et al., 1994, Ailes et al., 1996b) observaram que o milho moído fino aumenta a fluidez e acidez do conteúdo estomacal, permitindo maior contato com o epitélio da RE. Dietas com granulometria grossa parecem reduzir a fluidez do conteúdo estomacal, restabelecendo um gradiente de pH entre a RE e a região pilórica, reduzindo o contato do HCl, pepsina e ácidos biliares com o epitélio aglandular (AYLES et al. 1996b). Estes autores observaram que suínos que receberam dieta mais grossa (937  $\mu\text{m}$ ) por três semanas, após terem sido alimentadas com dieta fina (578  $\mu\text{m}$ ) por 7 semanas, apresentaram uma redução no escore médio de úlcera, indicando um efeito de cura.

Estudos recentes indicam que a produção microbiana de ácidos graxos de cadeia curta pode ser importante na patogênese da UEG. Argenzio & Eisemann (1996) verificaram que ácidos graxos de cadeia curta, não dissociados, penetram rapidamente a barreira mais externa do epitélio e acidificam as células mais profundas, inibindo a bomba de Na e a regulação osmótica e induzindo a tumefação e necrose celular. Eles observaram que a concentração desses ácidos era alta no conteúdo gástrico proximal e isso estava associado a um consumo elevado de carboidratos altamente fermentáveis. Esses ácidos são produtos do metabolismo bacteriano (acetato e lactato) e atingem concentrações altas 4 horas após a alimentação, provavelmente em consequência do pH alto (4,0 – 4,5) cíclico no conteúdo gástrico proximal.

Um hormônio suspeito de estar envolvido no desenvolvimento da UEG é a serotonina, produzido em grande quantidade no trato gastrointestinal, provoca redução no fluxo de sangue na mucosa, aumenta a sensibilidade da mucosa a ácidos gástricos, torna a mucosa mais sensível à infecção e causa contração da musculatura lisa (Ayles et al., 1996a). A melatonina, também produzida no trato gastrointestinal, parece ser um inibidor da serotonina, uma vez que inibe a contração do estômago, evento que parece ser importante no desenvolvimento da UEG. Suínos com úlcera severa tinham maior concentração de ácido biliar no estômago do que aqueles sem úlcera (Ayles et al. 1996b). Segundo eles, o excesso de mistura do conteúdo em uma dieta fina pode provocar refluxo de ácidos biliares do duodeno. Tais ácidos podem ter um papel importante no desenvolvimento da UEG por permitir excesso de íons  $\text{H}^+$  na membrana da RE.

## Causas da UEG

A etiologia da UEG em suínos é complexa e múltipla, por isso, diz-se que é uma doença multifatorial. Ela parece resultar de uma irritação constante e por períodos prolongados da RE, sendo que os principais irritantes são:

- a) secreção gástrica;
- b) flora microbiana alterada devido a ingestão de ração muito fina, rica em carboidratos, que favorece a fermentação e produção de ácidos orgânicos;

- c) Fluidez do conteúdo, possibilitando maior contato com o epitélio estratificado da RE;
- d) pH do bolo alimentar. Quando a dieta é bem estruturada forma-se um gradiente de pH no estômago o que não ocorre quando o alimento é extremamente fino. O pH na RE com dieta grossa é maior que 4,7 e com dieta fina geralmente é menor de 3,4.

O conteúdo estomacal de suínos com UEG é, geralmente, mais fluído, com pH mais baixo (ácido) e com maior atividade da pepsina do que estômagos normais. A seguir serão descritos os principais fatores relacionados com a ocorrência da UEG em suínos:

### 1 – Granulometria, peletização e tipos de cereais das rações:

A maioria dos autores concordam que a granulometria das rações é um importante fator no desenvolvimento de lesões na RE (Simonsson & Björklund, 1978, Potkins et al., 1989, Mores et al., 1993, Healy et al., 1994, Wondra et al., 1995acd, Ayles et al., 1996b, Ganter et al., 1996). A granulometria muito fina das rações aumenta o consumo de água e facilita a formação de um bolo alimentar mais fluído com pouca extratificação no estômago e com pH mais ácido. Esta fluidez reduz a taxa de esvaziamento gástrico e permite um maior tempo de contato do bolo alimentar com o epitélio da RE. Sob tais condições, a secreção ácida gástrica é estimulada e, conseqüentemente, o desenvolvimento de paraqueratose, erosões e úlceras, (Hedde et al., 1985).

Segundo Kavanagh (1994), a capacidade ulcerogênica de um alimento é diretamente proporcional a fração de partículas na dieta com tamanho menor que 300 µm de diâmetro. Experimentalmente a granulometria do milho influencia o desenvolvimento de lesões pré-ulcerativas na RE. Mores et al. (1993) encontraram maior incidência de lesões quando os suínos em crescimento e terminação foram alimentados com o milho apresentando diâmetro geométrico médio das partículas entre 509 a 645 µm ( 2).

**Tabela 2 – Frequência de animais com alterações na “pars oesophagea” em função da granulometria do milho.**

Diâmetro geométrico Médio de milho (µm)	N	Suínos com Paraqueratose	Grau de paraqueratose			
			0	1	2	3
Crescimento						
509	16	13 <sup>a</sup>	3	5	3	5
645	16	10 <sup>ab</sup>	6	6	2	2
799	16	6 <sup>bc</sup>	10	1	4	0
1026	16	3 <sup>c</sup>	13	2	1	0
Crescimento-Terminação						
509	16	7 <sup>a</sup>	7	5	4	0
645	16	9 <sup>ab</sup>	9	4	3	0
799	16	1 <sup>c</sup>	15	1	0	0
1026	16	2 <sup>c</sup>	14	1	0	1

Frequências nas letras distintas diferem (P < 0,06) entre si pelo teste X<sup>2</sup>.  
Fonte: Mores et al. (1993).

Potkins et al. (1989) verificaram que a granulometria da cevada e o conteúdo de matéria seca da dieta, também, influenciam a ocorrência de lesões ulcerativas no estômago (Tabela 3). Smith & Edwards (1996) encontraram diferenças significativas ( $P < 0,001$ ) no escore de úlcera usando dietas a base de cevada e trigo com diferentes granulometrias, sendo que o trigo foi mais ulcerogênico (Tabela 4). Segundo eles, algum fator presente no trigo pode contribuir para a ulceração na RE, independente da granulometria.

**Tabela 3 – Módulo de finura (mfg) da dieta e incidência de lesões esôfago-gástricas em leitões.**

Dieta	Módulo de finura (mfg)	Nº de Leitões	Estômago		Paraqueratose			Úlcera	Índice de lesão
			Normal	Lesões/úlcera	+	++	+++		
HC	2,87	17	17	0	0	0	0	0	1,00
LC	2,61	17	14	3	0	1	1	1	1,71
HF	1,28	18	4	14	7	4	2	1	3,17
LF	1,50	16	3	13	5	4	0	4	3,39
Erro padrão									0,389
Significância									$P < 0,001$

HC = Dieta a base de cevada grossa com alto conteúdo em matéria seca.

LC = Dieta a base de cevada grossa com baixo conteúdo em matéria seca.

HF = Dieta a base de cevada fina com alto conteúdo em matéria seca.

LF = Dieta com base de cevada fina com baixo conteúdo em matéria seca.

Fonte: Potkins et al. (1989).

**Tabela 4 – Escore médio de úlcera para dietas com cevada e trigo com granulometrias fina e grossa.**

	Cevada		Trigo		P
	Fina	Grossa	Fina	Grossa	
Escore de úlcera	2,42	1,89	4,04	3,44	.001
Média para o cereal	2,16		3,73		.001

Fina = peneira de 2,4 mm.

Grossa = peneira de 4 mm.

Fonte: Smith & Edwards, (1996).

A peletização da dieta causa gelatinização do amido e isso parece estar associado a um aumento na incidência de UEG (Pocock et al., 1969). Em experimento com suínos de terminação, Wondra et al. (1995a) encontraram um aumento na queratinização da RE ( $P < 0,02$ ) com a peletização da dieta. Esse mesmo efeito foi encontrado com dietas a base de cevada (Potkins et al., 1989) como pode ser observado na 5. Associado a isso, o tamanho das partículas usadas para produzir um pélete de qualidade, geralmente, é inferior a 500  $\mu\text{m}$ , também consideradas ulcerogênicas. Ganter et al. (1996), usando duas dietas potencialmente ulcerogênicas (uma peletizada que estava sendo usada em uma granja com alta incidência de UEG e outra extremamente fina – 86% < 1 mm),



provocaram distúrbios de queratinização e erosão epitelial, mas houve cura em 4 semanas após os suínos terem sido colocados em um ambiente com maravalha e tê-los alimentados com dieta normalmente estruturada. A adição de fibra (20% de farelo de trigo) bem como de anti-ácidos na dieta (10 mg Al (OH)<sub>3</sub> e 20 mg (OH)<sub>3</sub> /kg de peso vivo) não acelerou o processo de cura.

**Tabela 5 - Módulo de finura (mfg) e incidência de lesões esofagogástricas em leitões alimentados com dieta a base de cevada.**

Dieta	Módulo de finura (mfg)	Nº de Leitões	Estômago		Paraqueratose			Úlcera	Índice de lesão
			Normal	Lesões/úlcera	+	++	+++		
C	2,53	24	21	3	3	0	0	0	1,25
PS	2,71	24	12	12	7	4	0	1	2,29
P	2,71	24	17	7	6	1	0	0	1,63
Erro padrão									0,276
Significância									P < 0,01

C = dieta a base de cevada como farinha.

PS = dieta a base de cevada peletizada e umedecida em água.

P = dieta a base de cevada peletizada.

Fonte: Potkins et al. (1989).

A uniformidade do tamanho das partículas da dieta também afeta a RE do estômago (6). Ganter et al. (1996) observaram que fornecendo alimento extremamente fino para os suínos, não houve sangramento das úlceras, quando eles eram mantidos sob boas condições de alojamento, ocorrendo apenas a fase inicial das alterações epiteliais. Embora a peletização e a redução no tamanho das partículas das dietas melhoraram a performance dos suínos em terminação, aumentaram também a incidência e severidade de alterações indesejáveis no estômago (Wondra et al., 1995a). Considerando estes aspectos os autores recomendam uma dieta com o tamanho da partícula de 600 µm ou levemente inferior como ótimo para dietas peletizadas ou fareladas a base de milho (Tabela 7).

Um extrato alcoólico, obtido da aveia com solvente polar (etanol 35%), mostrou ter significativo efeito protetor sobre o estômago de suínos submetidos a uma dieta ulcerogênica. Este extrato mostrou-se ser também um potente inibidor da secreção ácida do estômago (Seether et al. 1971).

**Tabela 6 - Efeito da uniformidade do tamanho da partícula do milho sobre a morfologia do estômago de suínos em terminação.**

Ítem	Uniformidade do tamanho da partícula (S <sub>9w</sub> )			Contraste <sup>a</sup>	
	2,7	2,3	2,0	1	2
Ulceração do estômago <sup>b</sup>	1,0	1,1	1,1	NS	NS
Keratinização do estômago <sup>c</sup>	2,3	2,2	1,7	.08	NS

S<sub>9w</sub>: Log do desvio padrão médio.

<sup>a</sup> O contraste foi 1 = tamanho da partícula uniformemente linear; 2 = tamanho da partícula uniformemente quadrática.

<sup>b</sup> O sistema de escore foi = 1 normal; 2 = erosão; 3 = úlcera; 4 = úlcera grave.

<sup>c</sup> O sistema de escore foi = 1 normal; 2 = leve; 3 = moderada; 4 = severa.

Fonte: Wondra et al. (1995b).

**Tabela 7 – Efeito do tamanho da partícula e forma da dieta sobre crescimento, performance e morfologia do estômago em suínos em terminação.**

Item	Dieta farelada (µm)				Dieta peletizada (µm)				Contrastes <sup>a</sup>						
	1000	800	600	400	1000	800	600	400	1	2	3	4	5	6	7
GPD, kg	0,96	0,94	0,95	0,98	0,99	1,01	1,02	0,99	0,01	NS	NS	NS	NS	0,08	NS
Consumo diário, kg	3,25	3,21	3,26	3,16	3,29	3,18	3,20	2,98	0,05	0,002	NS	0,08	0,05	NS	NS
Ganho/consumo	0,29	0,29	0,29	0,31	0,30	0,31	0,31	0,33	0,001	0,001	0,14	NS	NS	0,08	NS
Úlcerção do estômago															
Nº de observações	20	20	20	20	20	20	20	20	<sup>a</sup>						
Normal	19	17	15	10	18	11	16	11	1 =	farelada x peletizada					
Erosão	0	3	2	4	1	6	1	4	2 =	linear para tamanho da partícula					
Úlcera	1	0	2	6	0	1	2	2	2 =	quadrático para tamanho da partícula					
Úlcera severa	0	0	1	0	1	2	1	3	4 =	cúbico para tamanho da partícula					
Média <sup>b</sup>	1,1	1,2	1,5	1,8	1,2	1,7	1,4	1,9	5 =	farelada x peletizada x 2					
Queratinização									6 =	farelada x peletizada x 3					
Normal	13	4	5	0	10	3	0	0	7 =	farelada x peletizada x 4					
Leve	6	7	3	2	2	3	0	2							
Moderada	1	7	9	12	7	9	15	8							
Severa	0	2	3	6	1	5	5	10							
Média <sup>c</sup>	1,4	2,4	2,5	3,2	2,0	2,8	3,3	3,4							

<sup>b</sup>Efeito do tamanho da partícula, P < 0,003.

<sup>c</sup>Efeito da peletização, P < 0,02; efeito do tamanho da partícula, P < 0,02.

Fonte: Wondra et al. (1995a).

## Efeito da granulometria em leitões em fase de creche

Healy et al. (1994) estudaram os efeitos do tamanho das partículas (DGM: 900, 700, 500 e 300 $\mu$ m) de milho e sorgo para leitões de creche e verificaram que os escores de queratose da RE foram maiores naqueles que receberam dietas de 300 $\mu$ m do que naqueles com 900 $\mu$ m, tanto com milho como com sorgo duro. Também, o conteúdo do estômago era mais fluido naqueles que receberam a dieta mais fina e naqueles que receberam milho, em comparação aos que receberam sorgo. Eles sugerem que o milho pode ser mais ulcerogênico que o sorgo por induzir maior fluidez e maior quantidade de bactérias e leveduras no conteúdo estomacal.

## Efeito da granulometria das rações em porcas

Em porcas, a granulometria da ração também pode provocar alterações na RE do estômago. Em experimentos com primíparas (Wondra et al., 1995c) e porcas de segundo parto (Wondra et al., 1995d) foi observado que com a redução do tamanho das partículas de 1200 $\mu$ m para 400 $\mu$ m da ração fornecida durante a fase de lactação, aumentou a severidade das lesões de queratinização e ulceração na RE (s 8 e 9), mas o aumentou em 11% o ganho de peso da leitegada. Porém, os efeitos negativos sobre o estômago das porcas pode limitar a redução do tamanho das partículas das rações de lactação, dependendo da existência nos rebanhos de outros fatores ulcerogênicos como pré-disposição genética, mas condições ambientais e nível de estresse que as porcas são submetidas.

**Tabela 8 - Efeito do tamanho da partícula do milho sobre a morfologia do estômago de porcas primíparas durante a fase de lactação.**

Item	Tamanho das partículas, μm				Probabilidade		SD
	1200	900	600	400	1 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	
ULCERAÇÃO							
Número de porcas	9	7	9	10	-	-	-
Normal	7	5	0	4	-	-	-
Erosões	1	1	5	3	-	-	-
Úlcera	1	1	2	3	-	-	-
Úlcera severa	0	0	2	0	-	-	-
Escore médio <sup>c</sup>	1,3	1,4	2,7	1,9	0,003	0,04	0,2
QUERATINIZAÇÃO							
Número de porcas	9	7	9	10	-	-	-
Normal	7	1	6	2	-	-	-
Leve	1	4	2	1	-	-	-
Moderada	1	2	1	4	-	-	-
Severa	0	0	0	3	-	-	-
Escore médio <sup>d</sup>	1,3	2,1	1,4	2,8	0,004	0,004	0,2

<sup>a</sup> Teste de diferença de média, Cochran-Mantel-Haenszel.

<sup>b</sup> Teste de correlação, Cochran-Mantel-Haenszel.

<sup>c</sup> Sistema de escores: 1 = normal; 2 = erosão; 3 = úlcera; 4 = úlcera severa.

<sup>d</sup> Sistema de escores: 1 = normal; 2 = leve; 3 = moderada; 4 = severa.

Fonte: Wondra et al. (1995c).

**Tabela 9 - Efeito do tamanho da partícula do milho sobre a morfologia do estômago de porcas de segundo parto durante a fase de lactação.**

Item	Tamanho das partículas, μm				Probabilidade		SD
	1200	900	600	400	1 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>	
ULCERAÇÃO							
Número de porcas	8	8	9	13	-	-	-
Normal	5	3	2	1	-	-	-
Erosões	1	3	2	2	-	-	-
Úlcera	2	1	1	4	-	-	-
Úlcera severa	0	1	4	6	-	-	-
Escore médio <sup>c</sup>	1,63	2,00	2,78	3,15	0,03	0,002	1,10
QUERATINIZAÇÃO							
Número de porcas	8	8	9	13	-	-	-
Normal	6	4	5	8	-	-	-
Leve	2	2	2	1	-	-	-
Moderada	0	1	2	1	-	-	-
Severa	0	1	0	3	-	-	-
Escore médio <sup>d</sup>	1,25	1,88	1,67	1,92	NS	0,04	0,72

<sup>a</sup> Teste de diferença de média, Cochran-Mantel-Haenszel.

<sup>b</sup> Teste de correlação, Cochran-Mantel-Haenszel.

<sup>c</sup> Sistema de escores: 1 = normal; 2 = erosão; 3 = úlcera; 4 = úlcera severa.

<sup>d</sup> Sistema de escores: 1 = normal; 2 = leve; 3 = moderada; 4 = severa.

Fonte: Wondra et al. (1995d).

## 2 – Fatores estressantes:

Práticas de manejo ou problemas de conforto ambiental que levam os animais a sofrerem estresse contribuem para o desenvolvimento da UGE (Ciacci, et al., 1991; Kavanagh, 1994). Flutuações da temperatura ambiental aumentam significativamente a ocorrência da UEG e lesões de paraqueratose, quando comparado com ambientes de temperatura constante (Riker III, et al., 1967). Uma maior incidência da UEG tem sido observada no inverno e na primavera do que no outono e verão. Ganter et al. (1996) analisaram duas granjas com alta incidência de UEG e verificaram que a estrutura do alimento era normal, mas havia severas deficiências quanto ao ambiente e manejo em geral: baixa temperatura ambiente, elevada concentração de  $\text{NH}_3$ , transporte e superlotação (mais de 35 suínos de diferentes idades e origens, por grupo). O estresse freqüente provoca produção contínua de corticosteróides que, por sua vez, parece aumentar a produção de ácido clorídrico e pepsina no estômago, aumentando a possibilidade de irritação do epitélio estratificado da RE e o desenvolvimento de lesões (Riker III, et al., 1967). Também, o estresse contínuo facilita o desenvolvimento de uma flora estomacal que, na presença de substratos, multiplica-se rapidamente e, em contato com a RE por períodos longos, favorece o desenvolvimento das lesões ulcerativas (Tannock & Smith, 1970).

### **3 – Fatores genéticos:**

Experiências a campo parecem indicar haver uma predisposição genética para a UEG, ligadas a determinados tipos ou linhagens de suínos. Kavanagh, (1994) e Elbers et al. (1995) encontraram diferenças entre leitegadas, na ocorrência de lesões na RE numa mesma granja, e isto pode ser uma indicação que algumas das diferenças na prevalência da UEG pode ser atribuída a uma origem genética. Observações a campo indicam que quando há seleção genética para redução da espessura de toucinho e auto-limitação na ingestão de alimento, ocorre aumento na incidência de UEG.

### **4 – Excesso de cobre na dieta:**

A ocorrência de UEG tem sido observada quando altos níveis de cobre (250 ppm) como promotor de crescimento, são usados nas dietas. Este efeito pode ser anulado pela inclusão de carbonato de zinco na dose de 110 ppm (Allen & Harding, 1962). Em um rebanho, onde observou-se alta incidência de UEG (25,6%) em suínos abatidos em frigorífico, além da presença de fatores estressantes ligado ao ambiente e manejo, usava-se 250 ppm de cobre como promotor de crescimento (observações do autor).

### **5 – Regime alimentar:**

O regime alimentar dos suínos parece ter certo efeito sobre a ocorrência de UEG, mas isto não está claro. Suínos alimentados “ad libitum” desenvolvem mais UEG do que quando alimentados em regime restrito, 2 vezes por dia, das 12 semanas de idade até o abate (Blackshaw et al., 1980). A restrição alimentar por 3 períodos, separados por 7 dias, não teve efeito significativo, mas a incidência de úlcera foi maior no grupo “ad libitum” (Pocock, et al., 1969). Entretanto, parece que a RE do estômago dos suínos é extremamente susceptível à danos provocados por jejuns por mais de 24 horas ou por severa redução no consumo de alimento.

### **6 – Soro de leite:**

Em alguns rebanhos que utilizam o soro de leite na alimentação de suínos pode ocorrer maior incidência de UEG. O pH do soro na fábrica, depende do processo da precipitação usado na produção do queijo. Em fábricas onde os sólidos são precipitados por ácido clorídrico, o soro pode ter pH de aproximadamente 4,5 que pode cair para 3,6 durante a estocagem. Experiências de campo demonstram haver associação entre o baixo pH do soro e aumento na incidência de ulcerações na RE (Kavanagh, 1994). O pH cai quando a lactose é convertida para ácido láctico por fermentação microbiana. Para evitar isto, o produtor que for usar soro na alimentação de suínos deve ter no mínimo 2 tanques de estocagem para que eles possam ser esvaziados e limpos alternadamente.

## 7 – Deficiência de Vitamina E/Se:

Em suínos acometidos por quadros patológicos de deficiência de Vit. E/Se,, freqüentemente, tem sido observado também UEG. A vit. E é facilmente oxidada na presença de gordura peroxidada ou peroxidável, umidade elevada e minerais em excesso (Cu e Fe). Kanavagh (1994) cita ter diagnosticado UEG em leitões jovens, associado a níveis marginais de vit. E e Se na dieta das porcas, o que resulta em baixo nível de vit. E no leite. Também, nos últimos anos, tem-se aumentado o nível de energia das dietas para porcas em lactação e, para isso, adiciona-se as vezes até 6% de óleo vegetal rico em ácidos graxos polinsaturados, aumentando a necessidade de vit. E adicional na dieta. A vit. E funciona como um antioxidante a nível de membrana celular, enquanto que o Se atua no citosol através da enzima glutathione peroxidase. Por isso o Se complementa a ação da vit. E, impedindo a propagação de peróxidos e, conseqüentemente, os danos nas células.

## 8 – Outros:

O rápido esvaziamento do estômago induzido pelas dietas modernas também parece estar associado a ocorrência de UEG. O uso de poliacrilato de sódio 0,1% a 0,5% na dieta, exerce atividade anti-pepsina, reduz o conteúdo de ácidos livres no suco gástrico e retarda o esvaziamento do estômago e, com isto, tem efeito preventivo no desenvolvimento da úlcera (Yamaguchi, et al., 1981). Além de que, experimentalmente, fatores que estimulam a secreção ácida, como a histamina, induz UEG no estômago. Mas, o uso de antagonista para receptores H<sub>2</sub> da histamina (metiomide) não reduz as propriedades ulcerogênicas de uma dieta excessivamente fina (Hedde et al., 1985).

## Conclusões

A UEG tem aumentado de incidência nos últimos anos e deve ser uma causa de reflexão para o setor de suínos. A indústria de alimentos está exposta a um difícil problema: por um lado, dietas com granulometria fina e peletizadas são convertidas eficientemente em crescimento corporal, mas por outro lado, está associada a um aumento na incidência de erosões e ulcerações na RE. Parece claro que um equilíbrio entre estes dois alvos conflitantes deve ser encontrado. Como regra, a granulometria a ser usada na alimentação do suínos deve ser aquela com maior DGM que proporciona o melhor ganho de peso e eficiência alimentar dos animais, nas diferentes fases de criação. Excepcionalmente, em granjas com problemas de UEG, mesmo após a correção dos outros fatores envolvidos, pode-se então recomendar o aumento estratégico da granulometria da dieta.

Também, consideramos que melhorias nas áreas de conforto ambiental e no manejo dos animais devem ocorrer para que se possa obter o máximo de aproveitamento das dietas sem haver efeitos indesejáveis para os animais. Há necessidade de reavaliar os efeitos interativos entre a adição de gorduras nas

dietas e seus níveis de vit. E e Se. Neste contexto, vale lembrar que a etiologia da UEG é complexa e múltipla, e que há interações entre diversos fatores envolvidos. Para seu controle, todos os fatores potencialmente ulcerogênicos devem ser avaliados em cada rebanho no estabelecimento das ações preventivas.

## Referências Bibliográficas

1. ALLEN, M.M. & HARDING, J.D. Experimental copper poisoning in pigs. **Vet. Rec.**, v.74, p.173-179, 1962.
2. ARGENZIO, R.A. & EISEMANN. Mechanisms of acid injury in porcine gastroesophageal mucosa. **Am. J. Vet. Res.**, n.4, v.57, p. 564-573, 1996.
3. AYLES, H.L.; BALL, R.O.; FRIENDSHIP, R.M.; BUBENIK, G.A. The effect of graded levels of melatonin on performance and gastric ulcers in pigs. **Can. J. Anim. Sci.** v.76, p.607-611, 1996a.
4. AYLES, H.L.; FRIENDSHIP, R.M., BALL, R.O. Effect of dietary particle size on gastric ulcers, assessed by endoscopic examination, and relationship between ulcer severity and growth performance of individually fed pigs. **Swine Health and Production**. n.5, v.4, p.211-216, 1996b.
5. BLACKSHAW, J.K.; CAMERON, R.D.A.; KELLY, W.R. Effect of feeding on gastric ulceration of the "*Pars oesophagea*" of intensive x raised pigs. **Aust. Vet. J.**, v.56, p.384-386, 1980.
6. CIACCI, J.R.; MORES, N.; SOBESTIANSKY, J.; LIEBHOLD, M.M. Úlcera gástrica como causa de morte e como achado de necropsia de três rebanhos suínos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, n.6, v.43, p.525-533, 1991.
7. ELBERS, A.R.W.; HESSING, M.J.C.; TIELEN, M.J.M.; VOS, J.H. Growth and oesophagogastric lesions in finishing pigs offered pelleted feed ad libitum. **Vet. Rec.**, v.136, p.588-590, 1995.
8. FRIENDSHIP, R.M.; BALL, R.O.; AYLES, H.L. The relationship between growth performance and gastric ulcers severity. IN: IPVS, Proceedings, 14<sup>th</sup>. Bologna, 1996. p.695.
9. GANTER, M. KIECKHOFFER, H. BOLLWAHN, W. Follow-up investigations of gastric ulcers in pigs by gastroscopy. In: IPVS, Proceedings, 14<sup>th</sup>, Bologna, 1996. p.692.
10. GUISE, H.J.; CARLYLE, W.W.H.; PENNY, R.H.C.; ABBOTT, T.A.; RICHES, H.L., HUNTER, E.J. Gastric ulcers in finishing pigs. Their prevalence and failure to influence growth rate. **Vet. Rec.** v.141, p.563-566, 1997.
11. HEALY, B.J.; HANCOCK, D.J.; KENNEDY, G.A.; BRAMEL-COX, P.J.; BEHNKE, K.C.; HINES, R.H. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **J. Anim. Sci.** v.72, p.2227-2236, 1994.
12. HEDDE, R.D.; LINDSEY, T.C.; PARISH, R.C. Effect of diet particle size and feeding of H<sub>2</sub> – receptor antagonists on gastric ulcers in swine. **J. Anim. Sci.**, v.61, p.179-186, 1985.
13. KAVANAGH, N. Gastric ulcers in pigs. **In practice**, n.7, p.209-213, 1994.
14. KIECKHOFFER, H. & BOLLWAHN, W. Diagnóstico gastroscópico e tratamento da úlcera esofagogástrica em suínos de engorda. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, **VII. Anais...** Blumenau, 1995. p.107.

15. MAXWELL, C.V.; REIMANN, E.M.; HOEKSTRA, W.G.; KOWALCZYK, T.; BENEVENGA, N.J.; GRUMMER, R.H. Effect of dietary particle size on lesion development and on contents of various regions of the swine stomach. **J. Anim. Sci.** n.6, V.30, p.911-922, 1970.
16. MORES, N.; ZANOTTO, D.L.; NICOLAIEWSKY, S.; GUIDONI, A.L.; FERREIRA, A.S. Influência da granulometria do milho sobre o desenvolvimento de lesões pré-ulcerativas no "*Pars oesophagea*" In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, VI, Goiânia, 1993. **Anais...** p. 158.
17. POCOCK, E.F.; BAYLEY, H.S.; ROE, C.K.; SLINGER, S.J. Dietary factors affecting the development of esophagogastric ulcers in swine. **J. Anim. Sci.**, v.29, p.591-597, 1969.
18. POTKINS, Z.V.; LAWRENCE, T.L.J.; THOMLINSON, J.R. Oesophagogastric parakeratosis in the growing pig: Effects of the physical form of barley-based diets and added fibre. **Res. Vet. Sci.**, v.47, p.60-67, 1989.
19. RIKER, III, J.T.; PERRY, T.W.; PICKETT, R.A. Influence of controlled ambient temperatures and diets on the incidence of esophagogastric ulcers in swine. **J. Anim. Sci.**, v.26, p.736-740, 1967.
20. ROPPA, L.; SARTOR, A. de B.; OTONELL, J. Ocorrência de úlcera gastroesofágica em suínos ao abate no Brasil: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, VII, Blumenau, 1995. **Anais...** p.108.
21. SEETHER, K.A.; MIYA, T.S.; PERRY, T.W.; BOEHM, P.N. Extraction of the ulcer-preventing principle from oat hulls. **J. Anim. Sci.**, v.32, p.1160-1163, 1971.
22. SIMONSSON, A. & BJÖRKLUND. Some effect of the fineness of ground barley on gastric lesions and gastric contents in growing pigs. **Swedish. J. Agric. Res.** n.8, p.97-106, 1978.
23. SMITH, W.J. & EDWARDS, S.A. Ulceration of the *pars oesophagea* – The role of a factor in wheat. In: IPVVS, Proceedings, 14<sup>th</sup>, Bologna, 1996. p.693.
24. TANNOCK, G.W. & SMITH, J.M.B. The microflora of the pigs stomach and its possible relationship to ulceration of the "*pars oesophagea*". **J. Comp. Pathol.**, v.80, p.359, 1970.
25. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; HINES, R.H.; STARK, C.R. Effects of particle size and pelleting on growth performance nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, n.3, v.73, p.757-763, 1995a.
26. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; STARK, C.R. Effects of mill type and particle size uniformity on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **J. Anim. Sci.**, n.9, v.73, p. 2564-2573, 1995b.
27. WONDRA, K.J., HANCOCK, J.D.; KENNEDY, G.A.; HINES, R.H.; BEHNKE, K.C. Reducing particle size of corn in lactation diets from 1.200 to 400 micrometers improves sow and litter performance. **J. Anim. Sci.**, n.2, v.73, p.421-426, 1995c.
28. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; KENNEDY, G.A.; BEHNKE, K.C.; WONDRA, K.R. Effects of reducing particle size of corn in lactation diets on energy and nitrogen metabolism in Second-Parity sows. **J. Anim. Sci.**, n.2, v.73, p.427-432, 1995d.
29. YAMAGUCHI, M.; TAKEMOTO, T.; SAKAMOTO, K.; ASANO, T.; UCHIMURA, M.; MUSADA, I. Prevention of gastric ulcers in swine by feeding of sodium polyacrylate. **A. J. Vet. Res.**, v.42, p.960-962, 1981.



# GRANULOMETRIA DO MILHO EM RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES: DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E DESEMPENHO ANIMAL

*Dirceu L. Zanotto e Cicero J. Monticelli*

Pesquisadores Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21, CEP 89700-000, Concórdia, SC.

## 1 - Introdução

A maximização do potencial de desenvolvimento animal, depende de vários fatores. Ao lado de condições favoráveis inerente ao ambiente de criação e da saúde dos animais, a nutrição correta, com adoção de técnicas aprimoradas no preparo da ração, constituem-se em pressupostos básicos para a otimização da produção.

O sucesso da suinocultura e da avicultura encontra-se fortemente relacionado, entre outros fatores, aos custos de produção. Neste contexto, o componente alimentação representa ao redor de 70 a 80 %. O milho, sendo o principal ingrediente energético da ração, contribui com aproximadamente, 80 % nas formulações para suínos e 60 % nas formulações para aves, e isto coloca em evidência a sua importância no custo final e consequentemente no retorno econômico da produção.

As rações, dependendo da fase de criação e da espécie animal, são produzidas basicamente nas formas farelada, peletizada ou triturada, o que implica necessariamente na realização da moagem dos ingredientes.

O grau de moagem (tamanho de partículas) do milho tem influenciado alguns aspectos de importância técnica e/ou econômica na produção de suínos e aves, tais como: custo de produção da ração, digestibilidade dos nutrientes, desempenho animal e lesões esôfago-gástricas, em suínos. Desta forma, com o objetivo de reduzir os custos de produção e aumentar a rentabilidade do setor, é importante identificar, tão economicamente quanto possível, a granulometria do milho para suínos e para aves, que proporcione boa aceitação das dietas pelos animais; que apresente a mais alta digestibilidade dos nutrientes; que produza o máximo desempenho e preserve a saúde dos animais.

## 2 - Moagem e granulometria do milho

A moagem, visando a redução no tamanho das partículas do milho, é realizada, basicamente, por meio de moinho de martelos ou moinho de rolos. O moinho de martelos tem sido preferencialmente utilizado, uma vez que possibilita o processamento de maior variedade de ingredientes (fibrosos) e permite a produção de moagens mais finas ( $< 600 \mu\text{m}$ ) em relação ao moinho de rolos (MARTIN, 1988).

A granulometria do milho, processado em moinho de martelos, é influenciada por vários fatores, entre os quais: o diâmetro dos furos da peneira, a

área de abertura da peneira, a potência do motor, o número de martelos, a distância entre os martelos e a peneira, a vazão de moagem, o teor de umidade do grão e o desgaste do moinho (MARTIN, 1988 ). OLIVEIRA et alii (1991), em um levantamento realizado em propriedades de produtores que produzem suas rações, constataram que existem grandes variações nos moinhos, quanto aos aspectos citados acima, Tabela 1, sendo os mesmos inadequados para caracterizar a granulometria.

**Tabela 1 – Características de moinhos utilizados em pequenas propriedades na região de Concórdia, SC.**

Item	Mínimo	Máximo
Furos da peneira (mm)	2,00	6,00
Rotação no eixo do motor (rpm)	3332,00	4843,00
Espaço entre os martelos (mm)	0,65	9,00
Número de martelos	10,00	28,00
Superfície de impacto do martelo (mm)	50,40	132,30

OLIVEIRA et alii (1991).

Desta forma, a granulometria deve ser caracterizada de acordo com o tamanho e uniformidade das partículas, que são expressos pelo Diâmetro Geométrico Médio (DGM) e pelo Desvio Padrão Geométrico (DPG), respectivamente. O DGM é correlacionado positivamente com o tamanho das partículas, ao passo que o DPG correlaciona-se de forma negativa com a uniformidade.

Um procedimento prático para determinar o DGM das partículas foi adaptado de HANDERSON & PERRY (1955) por ZANOTTO & BELLAYER (1996), conforme descrito a seguir:

1- Materiais e equipamentos:

- a) Agitador de peneiras;
- b) Conjunto de peneiras ABNT: 5, 10, 16, 30, 50, 100 e fundo;
- c) Balança com precisão de 0,1g;
- d) Estufa para 105° C.

2- Coleta da amostra:

- a) Retirar sub-amostras de vários pontos de modo a constituir uma amostra composta de 1 a 2 kg, que represente o lote;
- b) Embalar a amostra em saco plástico e enviar ao laboratório.

3- Procedimento:

- a) Homogeneizar a amostra
- b) Retirar uma amostra repartida de aproximadamente 0,5 kg e secar em estufa a 105°C por 24 horas;
- c) Retirar a amostra da estufa e deixar que a temperatura se equilibre a do ambiente;
- d) Pesar individualmente as peneiras (  $P_i$  );

- e) Montar o conjunto de peneiras sobre o agitador, sobrepondo-as em ordem crescente de abertura das malhas;
- f) Repartir a amostra seca e transferir 200 g ( P ) para o topo do conjunto de peneiras;
- g) Colocar a tampa e prender firmemente as peneiras ao agitador;
- h) Peneirar a amostra por 10 minutos;
- i) Pesar as peneiras com as frações retidas (Pi 1);
- j) Calcular o peso retido em cada peneira ( PRi ), sendo:  $PRi = (Pi\ 1 - P)$ ;
- k) Calcular a % retida em cada peneira ( % Ri ), sendo:  $\% Ri = (PRi \times 100) / P$ .

**Exemplo:**

Peneiras		Peso retido ( PRi ), g	% retido ( % Ri )	Fator Ki	Produto %Ri * Ki
ABNT( n <sup>o</sup> )	Abertura ( mm )				
5	4,0	5	2,5	6	15,0
10	2,0	19	9,5	5	47,5
16	1,19	40	20,0	4	80,0
30	0,59	76	38,0	3	114,0
50	0,29	37	18,5	2	37,0
100	0,149	23	11,5	1	11,5
Fundo	0	0	0	0	0
Total		200	100		305,0

$$DGM (\mu m) = 104,14 * (2)^{MF}$$

$$\text{Sendo: } MF = 305 / 100 = 3,05$$

$$\text{Então: } DGM = 104,14 * (2)^{3,05} = 862 \mu m.$$

Outro procedimento para calcular o DGM, incluindo o cálculo do DPG é descrito por HEADLEY & PFOST (1970) ou em ASAE (1983).

**Comumente o milho moído em moinho de martelos, dependendo das condições de moagem, pode apresentar variações nos valores de DGM das partículas de aproximadamente 300 até 1.200  $\mu m$ .**

Portanto, com o objetivo de otimizar o uso do milho nas rações de suínos e aves, é necessário conhecer as influências que estas variações no DGM das partículas do milho, exerce sobre o custo do processamento de moagem; sobre a digestibilidade dos nutrientes e sobre o desempenho dos suínos e das aves.

Vários autores tem observado que o consumo de energia elétrica é aumentado e o rendimento de moagem é diminuído, pela redução no DGM das partículas do milho, Figs. 1 e 2, respectivamente.

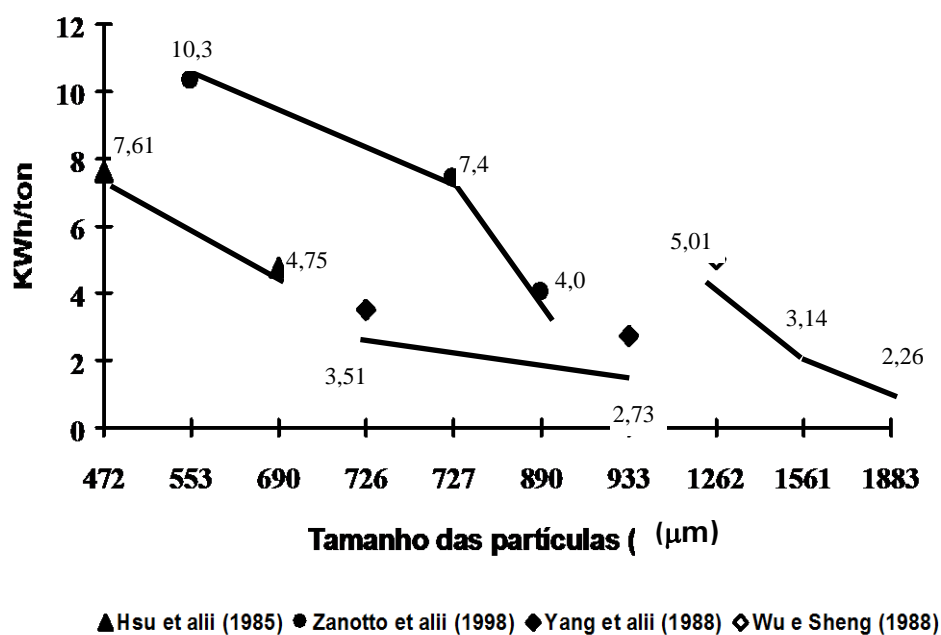


FIG. 1 - Efeito do tamanho das partículas do milho moído sobre o consumo de energia elétrica.

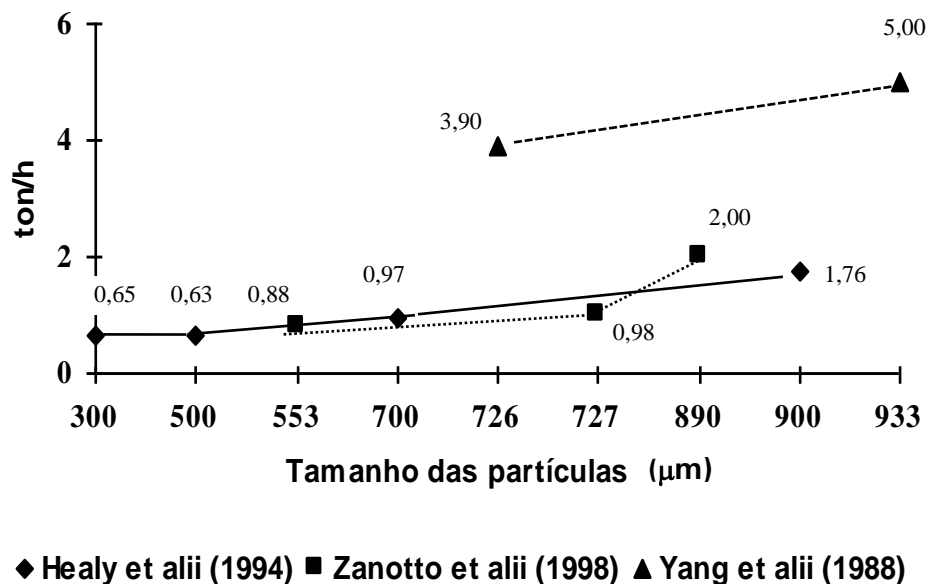


FIG. 2 - Efeito do tamanho das partículas do milho sobre a taxa de moagem.

### 3 – Granulometria do milho e digestibilidade com suínos

A eficiência da digestão é influenciada, entre outros fatores, pela intensidade do contato entre o alimento e as secreções digestivas. Neste sentido, a superfície de exposição e o tempo de passagem do alimento, podem determinar variações nos valores de digestibilidade. A redução no tamanho das partículas do milho aumenta a sua área superficial, conforme verifica-se na Fig.3.

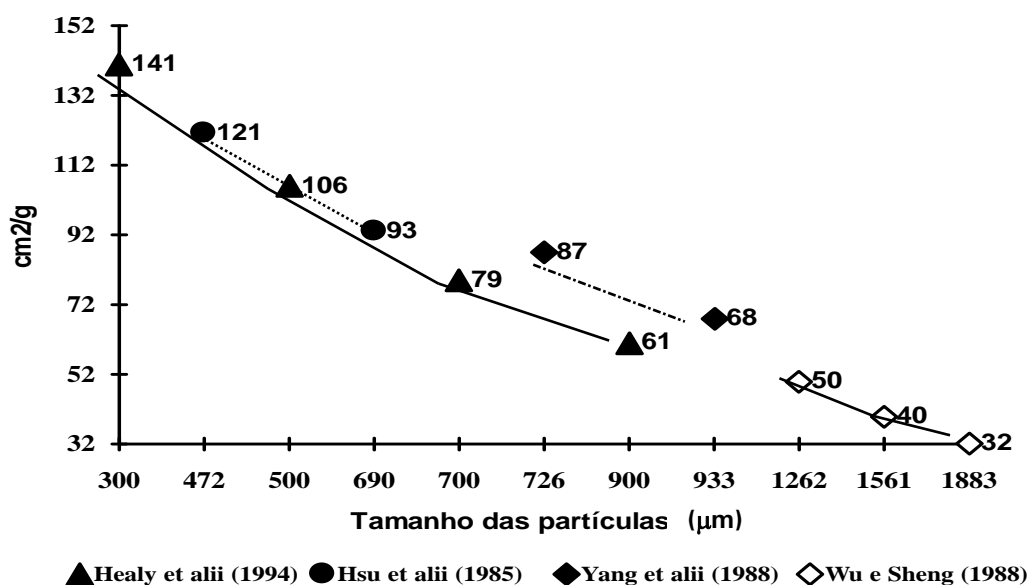


FIG. 3 - Efeito do tamanho das partículas sobre a área superficial do milho.

Entretanto, o tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal dos suínos (50 a 70 kg de peso vivo), parece não ser afetado pelo tamanho das partículas do milho, conforme observado por ZANOTTO et alii (1995), Tabela 2.

Tabela 2 – Tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal de suínos em função do DGM das partículas do milho.

Item	DGM ( μm )				Média
	509	645	799	1026	
Tempo ( h )	41,35	39,34	37,31	43,21	41,13

(p < 0,05).

ZANOTTO et alii (1995).

Desta forma, as possíveis alterações nos valores de digestibilidade dos nutrientes, em função da granulometria do milho, seriam melhor explicadas pela variação que ocorre na superfície de exposição do alimento às secreções digestivas, do que pelo tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal.

### 3.1 – Leitões

Na literatura consultada não foram encontrados registros referente as implicações da granulometria do milho em rações fareladas para leitões.

Avaliando a redução no tamanho das partículas do milho de 900, 700 e 500  $\mu\text{m}$  (moinho de rolos) e 300  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos) em dietas peletizadas, HEALY et alii (1994), observaram aumento linear ( $P < 0,05$ ) na digestibilidade da energia bruta, Tabela 3.

**Tabela 3 - Efeito do DGM das partículas do milho sobre a digestibilidade dos nutrientes em dietas peletizadas para leitões.**

Variáveis	DGM ( $\mu\text{m}$ )			
	900	700	500	300
Matéria seca ( % )	89,4	90,4	90,8	90,8
Nitrogênio ( % )	85,1	88,3	89,0	87,6
Energia bruta <sup>1</sup> ( % )	89,2	90,6	91,0	91,1

<sup>1</sup> Linear (  $p < 0,05$  );  
HEALY et alii (1994).

### 3.2 – Suínos em crescimento e terminação

Trabalhando com suínos em crescimento e terminação, ZANOTTO et alii (1996a ) observaram que a redução no DGM das partículas de 1.054, 746 e 502  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos, peneiras 10,0; 4,5 e 2,5 mm), aumentou de forma linear os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e os valores de energia digestível (ED) e de energia metabolizável (EM) do milho, Tabela 4.

**Tabela 4 – Digestibilidade do milho em função do DGM das partículas.**

Variáveis <sup>1</sup>	DGM ( $\mu\text{m}$ )		
	1054	746	502
CDMS (%)	88,14	89,35	90,94
CDPB (%)	79,74	82,81	84,47
ED (Kcal/kg)	3371	3458	3534
EM (Kcal/kg)	3322	3392	3491

<sup>1</sup> Efeito linear (  $p < 0,05$  );  
ZANOTTO et alii (1996a).

A melhoria na digestibilidade do milho como consequência da redução no tamanho das partículas, tem se refletido de forma positiva na digestibilidade de dietas fareladas, conforme demonstrado por ZANOTTO et alii (1995), Tabela 5.

**Tabela 5 – Digestibilidade de dietas fareladas para suínos em crescimento e terminação, em função do DGM das partículas do milho<sup>1</sup>.**

Variáveis <sup>2</sup>	DGM (µm)				Grão inteiro <sup>3</sup>
	1026	799	645	509	
CDMS ( % )	86,00	85,96	87,76	88,70	84,69
CDPB ( % )	85,70	85,41	88,24	88,93	84,29
ED ( kcal/kg )	3697	3717	3846	3912	3674
EM ( kcal/kg )	3575	3604	3742	3797	3563

<sup>1</sup> Valores na matéria seca;<sup>2</sup> Efeito linear (  $P < 0,001$  ) de DGM;<sup>3</sup> DGM x Grão inteiro (  $P < 0,01$  );

ZANOTTO et alii ( 1995 ).

A variação no tamanho das partículas do milho de 1.000, 800, 600 e 400 µm (moinho de martelos) e seus efeitos sobre a digestibilidade de nutrientes, em dietas peletizadas, foi avaliado por WONDRA et alii (1995a), que observaram aumentos lineares ( $p < 0,002$ ) na digestibilidade da matéria seca, do nitrogênio e da energia bruta, com a redução no tamanho das partículas, Tabela 6.

**Tabela 6 - Efeito do DGM das partículas do milho sobre a digestibilidade de dietas peletizadas para suínos em crescimento e terminação.**

Variáveis <sup>1</sup>	DGM (µm)			
	1.000	800	600	400
Matéria seca ( % )	84,1	85,1	86,1	87,3
Nitrogênio ( % )	79,0	79,9	80,8	83,7
Energia bruta ( % )	83,3	84,6	85,7	87,5

<sup>1</sup> Efeito linear (  $p < 0,002$  );

WONDRA et alii ( 1995a ).

Os mesmos autores, (WONDRA et alii, 1995b), testaram a influência do tipo de moinho (martelos vs rolos) para dois tamanhos de partículas do milho (800 e 400 µm). Quando o milho foi moído para 400 µm, os valores de digestibilidade da matéria seca, do nitrogênio e da energia bruta, foram maiores ( $P < 0,001$ ), em relação a moagem para 800 µm. O moinho de rolos resultou em maior ( $P < 0,008$ ) digestibilidade dos nutrientes, Tabela 7.

**Tabela 7 - Efeito do tipo de moinho e do DGM das partículas do milho sobre a digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação.**

Variáveis <sup>1</sup>	Martelos ( DGM )		Rolos ( DGM )	
	800 µm	400 µm	800 µm	400 µm
DPG	2,5	1,7	2,0	1,9
Matéria seca ( % )	82,5	86,0	86,6	87,3
Nitrogênio ( % )	72,1	80,1	76,0	82,6
Energia bruta ( % )	81,2	86,7	85,9	87,7

<sup>1</sup> Efeito de DGM e de moinho (  $p < 0,001$  e  $p < 0,008$ , respectivamente).

WONDRA et alii (1995b).

Por outro lado, com tamanho de partículas de 400 µm, WONDRA et alii (1995b) observaram que a moagem do milho em moinho de martelos, melhorou a uniformidade das partículas (menor DPG) e aumentou ( $P < 0,02$ ) a digestibilidade das dietas, farelada ou peletizada, em relação a moagem realizada em moinho de rolos, Tabela 8.

**Tabela 8 - Efeito do tipo de moinho sobre a digestibilidade das dietas.**

Variáveis <sup>1</sup>	Moinho de martelos		Moinho de rolos	
	Farelada	Peletizada	Farelada	Peletizada
DGM (µm) - DPG	457 - 1,8		443 - 2,0	
Matéria seca ( % )	87,2	88,2	85,2	85,5
Nitrogênio ( % )	83,7	84,3	82,2	82,4
Energia bruta ( % )	87,8	88,2	86,2	86,4

<sup>1</sup> Efeito de moinho (  $p < 0,02$  );

WONDRA et alii (1995b).

Os efeitos da uniformidade no tamanho das partículas do milho sobre a digestibilidade das dietas foram testados por WONDRA et alii (1995b), que utilizaram milho moído com DGM de aproximadamente 850 µm, para 3 tratamentos. As dietas foram preparadas da seguinte forma: DPG de 2,7 - combinação de 40:60, milho grosseiramente moído em moinho de rolos e milho finamente moído em moinho de martelos, respectivamente; DPG de 2,3 - milho moído em moinho de martelos e DPG de 2,0 - milho moído em moinho de rolos. A redução nos valores de DPG (melhor uniformidade), aumentou de forma linear ( $P < 0,008$ ) a digestibilidade das dietas, Tabela 9.

**Tabela 9 - Efeito da uniformidade das partículas (DPG) do milho sobre a digestibilidade das dietas.**

Item <sup>1</sup>	DPG - DGM (µm)		
	2,7 - 868	2,3 - 862	2,0 - 840
Matéria seca ( % )	80,2	80,3	83,1
Nitrogênio ( % )	72,4	76,5	78,5
Energia bruta ( % )	79,6	79,1	82,6

<sup>1</sup> Efeito linear de DPG (  $p < 0,008$  );

WONDRA et alii (1995b).



### 3.3 - Porcas em lactação

Para porcas em lactação, primeiro parto, WONDRA et alii (1995c), observaram que a redução no tamanho das partículas do milho de 1.200  $\mu\text{m}$  (moinho de rolos) para 900, 600 e 400  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos), melhorou a uniformidade de tamanho das partículas (diminuiu o DPG) e aumentou linearmente ( $P < 0,001$ ) a digestibilidade da matéria seca, do nitrogênio e o valor energético das dietas, Tabela 10. Com porcas de segundo parto, WONDRA et alii (1995d) observaram os mesmos efeitos, Tabela 11.

**Tabela 10 - Efeito do DGM das partículas do milho sobre a digestibilidade de nutrientes em dietas de lactação, para porcas primíparas.**

Variáveis <sup>1</sup>	DGM ( $\mu\text{m}$ )			
	1200	900	600	400
DPG	2,17	2,29	1,87	1,45
Matéria seca ( % )	84,2	85,1	86,4	88,3
Nitrogênio ( % )	83,2	85,3	86,9	89,1
Energia bruta ( % )	83,8	85,3	87,1	90,0

<sup>1</sup> Efeito linear (  $P < 0,001$  );  
WONDRA et alii (1995c).

**Tabela 11 - Efeito do DGM das partículas do milho sobre a digestibilidade de nutrientes em dietas de lactação, para porcas de segundo parto.**

Variáveis <sup>1</sup>	Tamanho de partículas ( $\mu\text{m}$ )			
	1200	900	600	400
DPG	2,10	2,27	1,90	1,45
Matéria seca ( % )	82,2	85,2	85,6	88,1
Nitrogênio ( % )	80,7	85,6	86,9	88,5
ED ( kcal/kg )	3513	3668	3705	3857
EM ( kcal/kg )	3399	3572	3601	3745

<sup>1</sup> Efeito linear (  $P < 0,001$  );  
WONDRA et alii (1995d).

## 4 – Granulometria do milho e desempenho de suínos

### 4.1 - Leitões

Na literatura consultada não foram encontrados registros referente as implicações da granulometria do milho em rações fareladas para leitões.

Avaliando o desempenho de leitões em função da redução no tamanho das partículas do milho, 900, 700 e 500  $\mu\text{m}$  (moinho de rolos) e 300  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos) em dietas peletizadas, HEALY et alii (1994), observaram efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) sobre eficiência alimentar (EA), Tabela 12, sendo que a melhor resposta foi obtida com DGM de 500  $\mu\text{m}$ .

**Tabela 12 – Desempenho de leitões em função do (DGM) das partículas do milho, em dietas peletizadas.**

Variáveis	Milho ( $\mu\text{m}$ )			
	900	700	500	300
GPD ( g )	427	408	438	421
CDR ( g )	642	597	616	606
EA ( g/kg ) <sup>1</sup>	665	683	711	695

<sup>1</sup> Efeito quadrático ( $P < 0,01$ );  
HEALY et alii (1994).

### 4.2 – Crescimento e terminação

Avaliando o desempenho de suínos ZANOTTO et alii (1996b) observaram que a redução no DGM das partículas do milho de 1.026 para 509  $\mu\text{m}$ , diminuiu linearmente ( $p < 0,03$ ) o consumo de ração (CR), melhorou a conversão alimentar (CA), sem afetar o ganho de peso, Tabela 13. De 28 aos 60 kg de peso vivo, o CR e a CA entre os suínos que receberam as dietas que continham milho com DGM de 799 e 1.026  $\mu\text{m}$ , foram maiores em 8,7 e 5,8 %, respectivamente, em relação aos suínos que receberam as dietas com DGM de 509 e 645  $\mu\text{m}$ ; de 28 aos 100 kg de peso vivo, estas diferenças foram de 11,5 e 9,0 %.

**Tabela 13 - Efeito do DGM das partículas do milho em dietas fareladas sobre o desempenho de suínos.**

Item	DGM (µm)				Diferença (%)
	1026	799	645	509	
28 - 60 kg					
GPD <sup>1</sup> (g)	793	783	780	756	-
CR <sup>2</sup> (g)	2286	2285	2135	2067	8,7
CA <sup>2</sup>	2,88	2,92	2,74	2,74	5,8
28 - 100 kg					
GPD <sup>1</sup> (g)	865	859	841	855	-
CR <sup>2</sup> (g)	2898	2820	2568	2563	11,5
CA <sup>2</sup>	3,35	3,28	3,05	3,02	9,0

<sup>1</sup> Não significativo ( P > 0,40 );

<sup>2</sup> Efeito linear ( p<0,03 );  
ZANOTTO (1996b).

A variação no tamanho das partículas do milho de 1.000, 800, 600 e 400 µm (moinho de martelos), em dietas peletizadas, foi avaliado por WONDRA et alii (1995a), que observaram efeitos lineares (p<0,002) da redução no tamanho das partículas, diminuindo o consumo de ração e melhorando a eficiência alimentar em 8%, Tabela 14.

**Tabela 14 - Efeito do DGM das partículas do milho, em dietas peletizadas, sobre o desempenho de suínos em terminação<sup>a</sup>.**

Variáveis	DGM (µm), R. Peletizada			
	1.000	800	600	400
GPD (g)	990	1.010	1.020	990
CRD <sup>1</sup> (g)	3.290	3.180	3.200	2.980
EA <sup>1</sup>	0,301	0,318	0,319	0,332

<sup>1</sup> Efeito linear ( p<0,002 );  
WONDRA et alii ( 1995a ).

Os mesmos autores (WONDRA et alii, 1995b) testaram os efeitos do tipo de moinho ( martelos vs rolos ) e do DGM das partículas do milho (800 e 400 µm). Quando o milho foi moído para 400 µm, os suínos apresentaram melhor eficiência alimentar (P< 0,004) do que aqueles alimentados com milho moído para 800 µm. Embora, o milho moído em moinho de rolos, tenha melhorado a digestibilidade das dietas, o desempenho dos animais não foi afetado pelo tipo de moinho ( P> 0,40 ), Tabela 15.

**Tabela 15 - Efeito do tipo de moinho e do tamanho das partículas do milho sobre o desempenho de suínos.**

Variáveis	Martelos		Rolos	
	800 µm	400 µm	800 µm	400 µm
CRD (g)	3.282	3.134	3.295	3.033
GPD (g)	931	964	958	924
EA <sup>1</sup> (g/kg)	284	308	291	305

<sup>1</sup> Efeito de DGM (  $p < 0,004$ );  
Moinho ( $p > 0,40$ );  
WONDRA et alii (1995b).

Por outro lado, com tamanho de partículas de aproximadamente 400 µm, WONDRA et alii (1995b) observaram que os suínos alimentados com dietas, fareladas ou peletizadas, contendo milho moído em moinho de rolos, apresentaram melhor eficiência alimentar ( $P < 0,05$ ) do que os alimentados com milho moído em moinho de martelos, Tabela 16, embora, segundo os autores, o efeito do tipo de moinho sobre o desempenho dos animais tenha sido inconsistente.

**Tabela 16 - Efeito do tipo de moinho sobre o desempenho de suínos.**

Variáveis	Moinho de martelos		Moinho de rolos	
	Farelada	Peletizada	Farelada	Peletizada
DGM (µm) - DPG	457 - 1,8		443 - 2,0	
GPD (g)	826	876	831	923
CRD (g)	3.037	3.146	3.000	3.083
EA <sup>1</sup> (g/kg)	272	278	277	299

<sup>1</sup> Efeito de moinho ( $P < 0,05$ );  
WONDRA et alii (1995b).

Os efeitos da uniformidade no tamanho das partículas do milho sobre o desempenho de suínos, foi avaliado por WONDRA et alii (1995b). As dietas foram preparadas da seguinte forma: DPG = 2,7 - combinação de 40:60, milho grosseiramente moído em moinho de rolos e milho finamente moído em moinho de martelos, respectivamente; DPG = 2,3 - milho moído em moinho de martelos e DPG = 2,0 - milho moído em moinho de rolos. Os DGM, para os 3 tratamentos foram semelhantes, aproximadamente 850 µm. Os autores observaram que o aumento na uniformidade do tamanho das partículas do milho (redução no DPG), não afetou ( $P > 0,11$ ) o desempenho dos suínos, Tabela 17.

**Tabela 17 - Efeito da uniformidade das partículas (DPG) do milho sobre o desempenho de suínos.**

Variáveis	DPG - DGM ( $\mu\text{m}$ )		
	2,7 - 868	2,3 - 862	2,0 - 840
GPD (g)	831	831	840
CRD (g)	2.887	2.887	3.083
EA (g/kg)	288	288	272

( $p > 0,11$ ).

WONDRA et alii (1995b).

### 4.3 - Porcas em lactação

WONDRA et alii (1995c) avaliando o tamanho das partículas do milho, 1.200  $\mu\text{m}$  (moinho de rolos), 900, 600 e 400  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos) em dietas de lactação, para porcas primíparas, observaram que as variações no DGM não influenciaram ( $P > 0,30$ ) as perdas de peso e de espessura de toucinho, durante a lactação. Entretanto, a redução no tamanho das partículas, determinou aumentos lineares ( $P < 0,05$ ) nos consumos de ração e de ED das porcas e também no ganho de peso da leitegada, Tabela 18.

**Tabela 18 - Efeito do DGM das partículas do milho sobre desempenho da porca e da leitegada.**

Item	Tamanho das partículas ( $\mu\text{m}$ )			
	1200	900	600	400
DPG	2,17	2,29	1,87	1,45
Perda PC lact. (kg)	10,5	10,5	7,2	8,2
Perd. touc. Lact. mm	3,1	3,3	3,0	2,9
CRD <sup>1</sup> (kg)	4,19	4,24	4,40	4,43
Cons. ED <sup>1</sup> (Mcal/d)	13,7	14,1	15,0	15,6
GP/leitegada <sup>1</sup> (kg)	34,9	36,7	38,2	38,6

<sup>1</sup> Efeito linear (  $p < 0,05$ );

WONDRA et alii ( 1995c).

## 5 – Granulometria do milho e metabolismo com aves

Contrariamente ao que se observa com os suínos, o tamanho das partículas do milho parece ter pouca ou nenhuma influência sobre o metabolismo de nutrientes e desempenho das aves.

A variação no DGM das partículas de 500 a 1.060  $\mu\text{m}$ , do milho processado em moinho de martelos (peneiras de 2,5; 3,5; 4,5 e 10,0 mm), não teve qualquer influência ( $P > 0,05$ ) sobre os valores de energia metabolizável (EMAn) do milho para frangos de corte, ZANOTTO et alii (1994), Tabela 19.

**Tabela 19 - Granulometria do milho e valores de energia metabolizável (EMAn) para frangos de corte.**

Peneiras (mm)	EMAn (kcal/kg)
2,5 ( 500 $\mu$ m )	3.175
3,5	3.168
4,5	3.218
10,0 ( 1.060 $\mu$ m )	3.197

(P > 0,05).

ZANOTTO et alii (1994 ).

De forma semelhante, ZANOTTO (1998), dados não publicados, observaram que a variação no tamanho das partículas do milho de 530 a 815  $\mu$ m (moinho de martelos) praticamente não alterou os valores de energia metabolizável (EMAn) de dietas peletizadas, Tabela 20 e contrariamente a hipótese teórica, o processo de peletização não promoveu melhoria nos valores de EMAn, quando comparados a uma dieta farelada contendo milho moído com tamanho de partículas de 815  $\mu$ m.

**Tabela 20 - Valores de energia metabolizável (EMAn) de dietas de frangos de corte em função do tamanho das partículas do milho.**

Dieta - DGM do milho	EMAn (kcal/kg)
Peletizada - 530 $\mu$ m	2988 $\pm$ 24
Peletizada - 638 $\mu$ m	2988 $\pm$ 17
Peletizada - 815 $\mu$ m	3001 $\pm$ 24
Peletizada - 794 $\mu$ m	2995 $\pm$ 22
Farelada - 815 $\mu$ m	2995 $\pm$ 14

Zanotto (1998), não publicado.

## 6 - Granulometria do milho e desempenho com aves

### 6.1 – frangos de corte

Vários estudos têm relacionado a granulometria do milho ao desempenho de frangos de corte.

LOTT et alii (1992) utilizaram milho moído com peneiras de 3,18, 4,76, 6,35 e 7,94 mm, DGM de 690, 824, 876 e 974  $\mu$ m, respectivamente, em dietas trituradas e não observaram efeito no desempenho de frangos criados até 21 dias de idade, Tabela 21.

**Tabela 21 - Desempenho de frangos de corte (1 a 21 dias) em função do DGM das partículas do milho em dietas trituradas.**

Variáveis	DGM, $\mu\text{m}$			
	690	824	876	974
peso corporal (g)	650	641	640	639
conversão alimentar	1,402	1,408	1,401	1,406

( $P > 0,05$ );  
LOTT et alii (1992).

O milho com DGM de 910 ou 1.024  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos), em dietas trituradas, fornecidas até 21 dias de idade, não influenciou ( $p > 0,05$ ) o peso corporal nem a conversão alimentar dos frangos, em ambos os períodos, 21 ou 42 dias de idade (REECE et alii, 1986), Tabela 22.

**Tabela 22 - Desempenho de frangos de corte em função do DGM das partículas do milho em dietas trituradas, fornecidas até 21 dias de idade.**

Variáveis	DGM ( $\mu\text{m}$ )	
	910	1024
1 – 21 dias		
Peso corporal (g)	631	632
Conversão alimentar	1,461	1,451
1 – 42 dias		
Peso corporal (g)	2001	1998
Conversão alimentar	1,931	1,934

( $p > 0,05$ )  
REECE et alii (1986).

ZANOTTO et alii (1996c) Também observaram que o aumento no DGM das partículas do milho de 506 a 1050  $\mu\text{m}$  (moinho de martelos, peneira 2,5; 4,5 e 10 mm), em dietas fareladas ou trituradas, não influenciou ( $P > 0,05$ ) o desempenho dos frangos, Tabela 23.

**Tabela 23 – Desempenho de frangos de corte em função do DGM das partículas do milho.**

Variáveis <sup>1</sup>	DGM ( $\mu\text{m}$ )		
	506	743	1050
1 a 21 dias			
PC (g)	616 $\pm$ 9	613 $\pm$ 13	606 $\pm$ 10
CR (g)	1022 $\pm$ 10	1007 $\pm$ 13	1013 $\pm$ 9
CA	1,66 $\pm$ 0,01	1,65 $\pm$ 0,02	1,67 $\pm$ 0,02
1 a 35 dias			
PC (g)	1463 $\pm$ 17	1455 $\pm$ 20	1452 $\pm$ 15
CR (g)	2603 $\pm$ 27	2575 $\pm$ 28	2615 $\pm$ 22
CA	1,78 $\pm$ 0,02	1,77 $\pm$ 0,01	1,80 $\pm$ 0,01
1 a 42 dias			
PC (g)	1947 $\pm$ 19	1938 $\pm$ 25	1950 $\pm$ 17
CR (g)	3670 $\pm$ 30	3627 $\pm$ 41	3690 $\pm$ 27
CA	1,89 $\pm$ 0,01	1,87 $\pm$ 0,01	1,89 $\pm$ 0,01

<sup>1</sup> ( $p > 0,05$ );

ZANOTTO et alii (1996c).

Com o objetivo de validar os resultados encontrados por ZANOTTO et alii (1996), os mesmos autores (ZANOTTO et alii, 1997), dados não publicados, realizaram um estudo envolvendo 120.000 aves, em condições de produção integrada, agroindústria-produtor, e observaram que o aumento no DGM das partículas do milho de 515 a 905  $\mu\text{m}$ , em dietas fareladas, não influenciou ( $p > 0,09$ ) o desempenho, nem a mortalidade dos frangos, Tabela 24, confirmando os resultados obtidos experimentalmente. No estudo, a interação granulometria x sexo não foi significativa ( $p > 0,23$ ), indicando que, independente do sexo, o desempenho dos frangos não responde às variações na granulometria do milho, para o intervalo de DGM estudado.

**Tabela 24 – Desempenho de frangos de corte, machos e fêmeas, em função do DGM das partículas do milho.**

Variáveis <sup>1</sup>	DGM ( $\mu\text{m}$ )		
	515	655	905
CR ( g )	5002	4844	4946
PC ( g )	2609	2582	2597
CA	2,016	1,968	2,003
Mortalidade ( % )	4.58	4.45	4.05

<sup>1</sup> ( $p > 0,09$ );

ZANOTTO et alii (1997), não publicado.



No mesmo estudo, com enfoque econômico, considerado os custos dos ingredientes e da energia elétrica para moer o milho, foi constatado uma redução no preço das rações de 0,205 e 0,309 %, para os DGM de 655 e 905  $\mu\text{m}$ , respectivamente, em relação ao DGM de 515  $\mu\text{m}$ , aumentando a margem bruta em 0,79 e 1,19 %, respectivamente, Tabela 25.

**Tabela 25 – Aspectos econômicos na produção de frangos de corte em função do DGM do milho.**

Variáveis	DGM ( $\mu\text{m}$ )		
	515	655	905
Custo/kg ração (R\$)	0.216154	0.215712	0.215488
Margem Bruta/kg (R\$)	0.10666	0.10750	0.10793

ZANOTTO et alii (1997), não publicado.

O aumento na granulometria do milho e do trigo, moagem “fina”, “grossa” e “muito grossa”, em dietas fareladas (46% de milho, 10% de trigo e 33% farelo de soja), determinou aumento linear ( $p < 0,05$ ) no peso corporal de frangos de corte, Tabela 26. A margem bruta inerente a alimentação também foi aumentada com o aumento da granulometria (HAMILTON E PROUDFOOT, 1995).

**Tabela 26 - Desempenho e margem bruta (MB) de frangos de corte em função da granulometria do milho e do trigo em dietas fareladas.**

Variáveis	Granulometria		
	“Fina”	“Grossa”	“Muito Grossa”
PC <sup>1</sup> ( g )	1.942 <sup>a</sup>	1.982 <sup>b</sup>	2.004 <sup>c</sup>
CA	1,913	1,916	1,921
MB ( \$ )	0,781	0,802	0,812

<sup>1</sup> Efeito linear ( $p < 0,01$ ).

HAMILTON E PROUDFOOT (1995).

Com rações peletizadas, o fenômeno da granulometria do milho sobre o desempenho dos frangos, parece comportar-se de forma semelhante ao que se observa com rações fareladas ou trituradas. De acordo com DEATON et alii (1995), os frangos (de 22 a 49 dias) podem utilizar o milho (moinho de martelos) com DGM de 1.289  $\mu\text{m}$ , tão bem ( $p > 0,05$ ) quanto aos DGM de 987 e 679  $\mu\text{m}$ , Tabela 27.

**Tabela 27 - Desempenho de frangos de corte em função do DGM das partículas do milho em dietas peletizadas, 22 a 49 dias de idade.**

	DGM ( $\mu\text{m}$ )		
	679	895	1.289
21°C			
PC, 49 d	2.656	2.652	2.651
CA, 49 d	1,90	1,90	1,89
31°C			
PC, 49 d	2.227	2.196	2.217
CA, 49 d	1,97	1,97	1,97

(p &gt; 0,05);

DEATON et alii (1995).

Comparando o tipo de moinho, DOUGLAS et alii (1990) observaram que frangos alimentados com dieta contendo milho moído em moinho de martelos (DGM 947  $\mu\text{m}$ ), apresentam maior GP e melhor CA, aos 21 dias, em relação aqueles que receberam dieta com milho processado em moinho de rolos (DGM de 1.470  $\mu\text{m}$ ), Tabela 28.

**Tabela 28 - Efeito do tipo de moinho sobre o desempenho de frangos de corte (1 a 21 dias).**

Item	Moinho	
	Martelos	Rolos
DGM ( $\mu\text{m}$ )	947	1.470
ganho em peso, g	521 <sup>a</sup>	488 <sup>b</sup>
conversão alimentar	1,49 <sup>a</sup>	1,55 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> médias com letras distintas, na linha, diferem ( P < 0,05 )

DOUGLAS et alii (1990).

Alguns estudos foram realizados com o objetivo de avaliar o efeito da uniformidade no tamanho das partículas (DPG) do milho sobre o desempenho de frangos de corte.

NIR et alii (1994a) moeram o milho em moinho de martelos com peneira de 8,00 mm (moagem original, 1.102  $\mu\text{m}$ ) e peneiraram para obter frações com partículas "grossas", "médias" e " finas". Foram testadas 5 dietas para frangos de corte até 21 dias de idade, as quais diferiram quanto ao DGM ou ao DPG das partículas. O melhor desempenho foi obtido com a fração média, Tabela 29, que apresentou DGM muito similar aos das dietas obtidas com milho da moagem original misturado com 18 ou 36% da fração fina. Segundo os autores, a melhora no desempenho pode ser atribuída, parcialmente, ao menor DPG, que foi de 1,63 vs mais ou menos 2,00 das demais dietas.

**Tabela 29 - Efeito do DGM e DPG das partículas do milho e da dieta sobre o desempenho de frangos de corte.**

Variáveis	Granulometria				
	Original <sup>1</sup>	Média <sup>2</sup>	Grossa <sup>2</sup>	18% fino <sup>2</sup> + Original	36% fino <sup>2</sup> + Original
DGM (µm), milho	1.102	897	2.010	525	525
DPG, milho	2,05	1,41	1,00	1,75	1,75
DGM (µm), dieta	871	769	1.260	793	706
DPG, dieta	2,05	1,63	2,08	2,00	1,99
1 – 7 dias					
GP (g)	96 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	86 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>
CR (g)	112	112	106	116	110
EA	0,847 <sup>ab</sup>	0,893 <sup>a</sup>	0,806 <sup>b</sup>	0,870 <sup>a</sup>	0,855 <sup>ab</sup>
8 – 21 dias					
GP (g)	463 <sup>b</sup>	522 <sup>a</sup>	473 <sup>b</sup>	477 <sup>b</sup>	474 <sup>b</sup>
CR (g)	716	725	740	713	719
EA	0,649 <sup>b</sup>	0,725 <sup>a</sup>	0,662 <sup>b</sup>	0,667 <sup>b</sup>	0,662 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Moagem com peneira de 8,00 mm;

<sup>2</sup> Obtido por peneiramento;

<sup>a,b</sup> médias com letras distintas, na linha, diferem (P < 0,05);

NIR et alii (1994a).

NIR et alii (1994b) utilizaram dietas fareladas a base de milho, trigo ou sorgo, processados em moinho de martelos (peneira de 6,0 mm) e peneirados para obter tamanhos de partículas, “grossas” “médias” e “finas” (DGM de 2.055, 1.180 e 620 µm, respectivamente) e avaliaram o desempenho dos frangos até 21 dias de idade. Ao sétimo dia, não houve qualquer efeito de tamanho das partículas; de 7 a 21 dias, o melhor desempenho foi obtido com a dieta de partículas com tamanho médio, independente da fonte do grão. A fração fina resultou no pior desempenho e o resultado da fração grossa foi intermediário, Tabela 30.

**Tabela 30 - Efeito do DGM das partículas do milho, peneirado, sobre o desempenho de frangos de corte.**

Item	DGM (µm)		
	620	1.180	2.055
1 - 7 dias			
GP (g)	72	75	70
CR (g)	106	106	111
EA	0,679	0,670	0,659
7 - 21 dias			
GP (g)	357 <sup>b</sup>	427 <sup>a</sup>	401 <sup>a</sup>
CR (g)	591 <sup>b</sup>	662 <sup>a</sup>	645 <sup>a</sup>
EA	0,604 <sup>a</sup>	0,642 <sup>b</sup>	0,622 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem (P < 0,05).

NIR et alii (1994b).

## 6.2 - Poedeiras

A granulometria do milho e seus efeitos em dietas para poedeiras, é um assunto que tem sido muito pouco explorado. As informações encontradas na literatura consultada, se resumem ao trabalho realizado por DEATON et alii (1989), que compararam o processamento do milho em moinho de martelos ao moinho de rolos, DGM de 814 a 873 e 1.343 a 1.501  $\mu\text{m}$ , respectivamente) e não observaram diferença no desempenho das aves, Tabela 31.

**Tabela 31 - Efeito do tipo de moinho sobre o desempenho de poedeiras.**

Item	Tipo de Moinho <sup>1</sup>	
	Martelos	Rolos
DGM ( $\mu\text{m}$ , variação)	814-873	1.343-1.501
Peso corporal, 23 semana ( g )	1.291	1.290
Peso corporal, 71 semana ( g )	1.594	1.610
Produção ave/dia ( % )	74,72	73,37
Peso do ovo ( g )	57,1	57,1
Consumo de ração ( g/ave/dia )	96,04	94,69
Eficiência da produção ( g/g )	2,26	2,27
Resistência da casca ( kg )	3,14	3,15

<sup>1</sup>( P> 0,05 ).

DEATON et alii (1989).

## 7. Conclusão

1 - A digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos suínos, fase inicial, crescimento, terminação e de porcas em lactação, são influenciados pelo tamanho das partículas do milho. O uso de dietas contendo milho com DGM das partículas compreendido entre 500 e 650  $\mu\text{m}$ , otimiza a digestibilidade dos nutrientes, da energia e o desempenho dos suínos.

2 – O valor energético do milho e o desempenho de frangos de corte, não são influenciados pelas variações no tamanho médio das partículas do milho, de 500 a 1.200  $\mu\text{m}$ . O uso de milho com DGM das partículas tendendo à 1.000  $\mu\text{m}$  (850 a 1.050), oportuniza a redução no custo de produção das rações, preservando a eficiência no desempenho das aves.

3 – Embora em número limitado, as informações disponíveis na literatura, indicam que a granulometria do milho parece não exercer influência sobre o desempenho de aves poedeiras.

4 – Os estudos referente ao tipo de moinho e a uniformidade no tamanho das partículas do milho, não são conclusivos e merecem maior atenção.

5 – É desejável que as fábricas de rações sejam adaptadas para moer o milho de forma diferenciada, para as rações de suínos e de aves.

## 8. Referências Bibliográficas

1. ASAE. 1983. Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. ASAE Standard S319, **Agricultural Engineers Yearbook of Standards**, p. 325. American Society of Agricultural Engineers, 1983.
2. DEATON, J.W.; LOTT, B.D.; SIMMONS, J.D. Hammer mill vs roller mill grinding of corn of commercial egg layers. **Poultry Science**. **68**(10):1342-44, 1989.
3. DEATON, J.W.; LOTT, B.D.; BRANTON, S.L. Corn Grind Size and Broilers Reared Under Two Temperature Conditions. **J. Appl. Poultry Res.** **4**: 402-406, 1995.
4. DOUGLAS, J.H.; SULLIVAN, T.W.; BOND, P.L.; STRUWE, F.J.; BAIER, J.G. Influence of grinding, rolling and pelleting on the nutritional value of grain sorghums and yellow corn for broilers. **Poultry Science**. Midwestern Section. **69**(12):2150-56, 1990.
5. HAMILTON, R.M.G.; PROUDFOOT, F.G. Ingredient particle size and feed texture: effects on the performance of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**. **51**: 203-210, 1995.
6. HANDERSON, S.M.; PERRY, R.L. **Agricultural process engineering**, New York, J. Willey, cap.6: 118-142, 1955.
7. HEADLEY, V.; PFOST, H. Describing Particle Size. **Feed Manufacturing Technology**. **563-568**, 1970.
8. HEALY, B.J.; HANCOCK, G.A.; KENNEDY, G.A.; BRAMEL-COX, P.J.; BEHNKE, K.C.; HINES, R.H. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, **72**:2227-2236, 1994.
9. HSU, A.; YANG, Y.F.; LIAO, C.W. Effect of particle size of corn and physical form of diet on performance in growing-finishing pigs. **Journal of Chinese Society Veterinary Science**, **14**(3-4):47-54, 1985.
10. LOTT, B.D.; DAY, E.J.; DEATON, J.W.; MAY, J.D. The effect of temperature, dietary energy level, and corn particle size on broiler performance. **Poultry Science**. **71**(4):618-24, 1992.
11. MARTIN, S. Particle size reduction. In: **NFIA - feed manufacturing short course**. Kansas: Kansas State University. 10p. 1988.
12. NIR, I.; HILLEL, R.; SHEFET, G.; NITSAN, Z. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. **Poultry Science**. **73**:781-91, 1994a.
13. NIR, I.; SHEFET, G.; AARONI, Y. Effect of grain particle size on performance. 2. Corn. **Poultry Science**. **73**:45-49, 1994b.
14. OLIVEIRA, P.A.V. de; MARTINS, R.R.; LIMA, G.J.M.M. de; FIALHO, F.B. Avaliação de sistemas de armazenagem e equipamentos para a produção de rações em pequenas propriedades. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. Anais..., Londrina, PR, v.2, p.1589-1602, 1991.
15. REECE, F.N.; LOTT, B.D.; DEATON, J.W. Effects of environmental temperature and corn particle size on response of broilers to pelleted feed. **Poultry Science**. **65**(4):636-141, 1986.

16. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; et alii. Effects of Particle Size and Pelleting on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Stomach Morphology in Finishing Pigs. 73: 757-763, 1995a.
17. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; BEHNKE, K.C.; et alii. Effects of Mill and Particle Size Uniformity on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Stomach Morphology in Finishing Pigs. 73: 2564-2573, 1995b.
18. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; KENNEDY, G.A.; et alii. Reducing Particle Size of Corn in Lactation Diets from 1,200 to 400 Micrometers Improves Sow and Litter Performance. 73: 421-426, 1995c.
19. WONDRA, K.J.; HANCOCK, J.D.; KENNEDY, G.A.; et alii. Effects of Reducing Particle Size of Corn in Lactation Diets on Energy and Nitrogen Metabolism in Second-Parity Sows. 73: 427-432, 1995d.
20. WU, J.F.; SHENG, C.S. The effect of particle size of dry rolling of corn on energy efficiency and performance of growing-finishing pigs. **Journal of Agricultural Association Chinese**, 144:77-84, 1988.
21. YANG, Y.F.; LIAO, C.W.; HSH, A. Effect of particle size of corn and diameter of pellet on feed production efficiency, performance and digestibilities of growing-finishing pigs. **Journal of the Chinese Society of Animal Science**, 17 (1-2): 1988.
22. ZANOTTO, D.L.; ALBINO, L.F.T.; BRUM, P.A.R.; FIALHO, F.B. Efeito do grau de moagem no valor energético do milho para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, 1994. Maringá. **Anais**, Maringá: Ed. Univ. Estadual de Maringá, p. 57, 1994.
23. ZANOTTO, D.L.; NICOLAIEWSKY, S.; FERREIRA, A.S.; GUIDONI, A.L.; LIMA, G.J.M.M. de. Granulometria do milho na digestibilidade das dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 24 (3): 428-436, 1995.
24. ZANOTTO, D.L.; BELLAYER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. Concórdia : EMBRAPA-CNPSA, 1996. 5p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 215), 1996.
25. ZANOTTO, D.L.; BRUM, P.A.R. de.; GUIDONI, A.L. Granulometria do milho em rações para frangos de corte. Concórdia : EMBRAPA-CNPSA, 1998. 2p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 224), 1998.
26. ZANOTTO, D.L.; LIMA, G.J.M.M. de; GUIDONI, A.L.; BERTOL, T.M. Granulometria e valor energético do milho para suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza : SBZ, 1996. p.188-189, 1996a.
27. ZANOTTO, D.L.; FERREIRA, A.S.; NICOLAIEWSKY, S.; GUIDONI, A.L.; LIMA, G.J.M.M. de. Desempenho produtivo de suínos submetidos à dietas com diferentes granulometrias do milho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 25 (3): 501-510, 1996b.
28. ZANOTTO, D.L.; BRUM, P.A.R. de; GUIDONI, A.L. Granulometria do milho da dieta e desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1996, Curitiba. **Anais...** Campinas : FACTA, p.19, 1996c.

## GRANULOMETRIA DE MICROCOMPONENTES PARA RAÇÕES DE SUÍNOS E AVES

*Prof. Paulo Tabajara Costa*

PhD/UFSM

Entendemos como **granulometria** os métodos que se utiliza para mensurar o tamanho das partículas dos grãos ou outros substratos alimentares ou não. A determinação do tamanho das partículas é de extrema importância no segmento nutrição – alimentação animal, onde o tamanho, o formato e estrutura das partículas, irão influenciar: a digestibilidade dos nutrientes contidos nos ingredientes; - a dispersibilidade delas no todo da dieta; - a densidade das rações, e em particular sua fluidez nos sistemas automatizados de mistura, transporte e fornecimento a nível dos comedouros dos animais.

A fragmentação dos alimentos destinados a animais em partículas menores, ocorrem por dispositivos mecânicos, conhecidos como moinhos –trituradores, os quais geram fragmentos de diferentes tamanhos e formatos. Os fatores físicos que irão determinar o tamanho médio das partículas nos sistemas de trituração, estão diretamente relacionadas a diversas variáveis, entre os quais destacamos: umidade dos grãos ou alimentos, diâmetro de peneiras, RPM e potência do motor e sistema de extração pós-trituração, se gravidade ou extração.

Sabemos todos que as dietas animais, são compostas de uma gama muito grande de alimentos, os quais podem ter origem orgânica ou inorgânica, naturais ou sintéticos, nutritivos ou preservativos, simples ou complexos, pó ou líquido; etc.

Outra importante variável a considerar é com relação ao número de alimentos e/ou substâncias que participam das dietas animais. Este número pode variar de 20 até 40 diferentes produtos; vejamos como um exemplo, uma ração para frangos de corte:

### Ração Para Frangos De Corte Ingredientes

MACROS		MICROS	
Milho / Sorgo	2	Vitaminas	13
Farelo de Soja	1	Microminerais	6
Farinha de Carne	1	Aminoácidos	2
Farinha Vísceras / ave	1	Promotores de	2
Farinha e Penas / Sangue	1	crescimento	1
Óleo degomado soja	1	Coccidicida	1
Óleo de aves	1	Antioxidante	1
Acido graxo acidulado	1	Fungicida	1
Fosfato Dicalcico	1	Pigmentante	1
Calcário	1	Sequestrante	1
Sal	1	Acidificante	1
		Enzima	
Numero ingredientes	12		30
Proporção do Volume (%)	99		1

Como se verifica, temos uma relação de 2.5:1 dos macroingredientes para os microingredientes em numero de produtos, no entanto a proporcionalidade volumétrica é abissal, enquanto 12 ingredientes somam 99% do volume da dieta, outros 30 microingredientes irão participar com tão somente 1% de volume total.

A importância da granulometria dos macroingredientes é fundamental a fisiologia digestiva do animal, bem como aos sistemas de produção-transferência e arrastamento; por outro lado, o tamanho e a uniformidade das partículas dos microingredientes são extremamente necessárias a boa homogeneização destes produtos no todo da dieta.

Sendo agregados em diminutas quantidades, PPM ou PPB, deverão estar presente em todas parcelas da dieta. Para que nos processos de mistura ocorra uma distribuição homogênea, é necessário que as partículas do microingredientes tenham fluidez; afim de conseguir-se boa distribuição. A uniformidade e o formato de partícula são básicos; naturalmente que o grau de umidade, a eletrostacidade, a higroscopicidade, a superfície da partícula e seu próprio formato, irão proporcionar maior ou menor dispersibilidade, no entanto a variável mais importante é a uniformidade no tamanho das partículas.

### Grupos de Substâncias consideradas Microingredientes

A – ACIDIFICANTES

H – MINERAIS – TRAÇO

B – ANTIBIÓTICOS

I – PIGMENTANTES

C – ANTIOXIDANTES

J – PRESERVANTES

D – ANTICOCCIDIANOS

L – PROBIÓTICOS

E – AROMATIZANTES

M – PROMOTORES CRESCIMENTO

F – EMULSIONANTES

N – PROVITAMINAS

G – ENZIMAS

O – VITAMINAS

E. U. Guidelines : European Comisión, 1994.



## Métodos Para Avaliar Qualidades Físicas de Uma Dieta Animal

FLUIDEZ = Ângulo de Repouso (  $h/r \times \tan \theta$  )

Ângulo ideal: 25 a 35°

DENSIDADE (DA) Aparente  $\rightarrow$  VERDADEIRA  
(DC) Compactada

RETÂNGULO:  $L \times C \times H$

CILINDRO:  $\pi \cdot r^2 \cdot H$

COMPRESSIBILIDADE:  $\frac{DC - DA}{DC} \times 100$

1 a 20% = Boa fluidez

20 a 40% = Regular fluidez – (pontes)

40 ou + % = Péssima fluidez (compactar-se)

COESIVIDADE  $\frac{DC}{DA}$

1 a 1.25 = Boa dispersão

1.25 a 1.40 = Regular Dispersão

1.40 ou + = Substrato Coesivo

---

**Relação Entre o Tamanho da Partícula e a Área de Superfície  
de um Microingrediente – pó.**

---

DIÂMETRO DA PARTÍCULA (micras)	NÚMERO DE PARTÍCULAS (g)	ÁREA DA SUPERFÍCIE g/cm <sup>2</sup>
500	8000	120
100	1.000.000	600
50	7.800.000	1200

---

Microvit User's Guide – Rhône-Poulenc, 1996.

**TAMANHO DAS PARTÍCULAS DE UM MICROINGREDIENTE**

**TAMANHO VERSUS NÚMERO**

O número das partículas aumentam  
à medida que  
o tamanho das partículas diminuem

**TAMANHO IDEAL**

Adequadamente pequenas para serem bem misturadas  
e  
suficientemente grandes para serem bem preservadas

### Nomenclatura Padrão para Testes de Granulometria

USBS Nº	TYLER MESH	MICRONS	mm	Moinho Martelo Peneira Equiv. (Avos/Pol)
4	4	4760	4,76	12/64
5	5	4000	4,00	10/64
6	6	3360	3,36	8/64
10	9	2000	2,00	5/64
12	10	1680	1,68	4/64
18	16	1000	1,00	2.5/64
20	20	840	0,84	2/64
30	28	590	0,59	1.5/64
40	35	420	0,42	1/64
60	60	250	0,25	-
80	80	177	0,177	-
100	100	149	0,149	-
140	150	105	0,105	-
230	250	62	0,062	-
325	325	44	0,044	-

United States Bureau of Standards (U.S.B.S.) Sieve Numbers Used in Screening Test. Feed Manufacturing Tech. III, AFIA, 1985.

### Tamanho Ótimo de Partículas de Microingredientes Segundo o Nível de Incorporação

Incorporação Ton/Ração	Nível %	Diâmetro (microns)	U S B S Nº	Diâmetro mm
10 PPB	0.000001	5	-	-
100 PPB	0.00001	22	-	0.022
1 PPM	0.0001	44	325	0.044
10 PPM	0.001	100	140	0.149
50 PPM	0.005	170	80	0.177
225 PPM	0.0225	270	60	0.27
1000 PPM	0.1	500	35	0.5
5000 PPM	0.5	840	24	0.8
10000 PPM	1.0	1000	18	1.0

VERBEECK, J.F. 1976; FEED MANEGEMENT.

## ANÁLISES DE MICROINGREDIENTES – MINERAIS

### Material

- 1° Lavar alguns cristais em água deionizada
- 2° Secar em papel de filtro
- 3° Colocar partículas secas em placa de vidro
- 4° Estereoscópio; 15 X
- 5° Uma solução de  $\text{AgNO}_3$  - 10%

### Método

Adicione uma gotícula de  $\text{AgNO}_3$  sobre o cristal/mineral

### Resultados

A. Cor branca grisácea com expansão	=	CLORETOS
B. Formação de agulhas brancas	=	SULFATOS
C. Formação de agulhas amarelas	=	FOSFATOS
D. Cristal se dissolve sem reação	=	NITRATOS
E. Cristal não modifica, estrutura/cor	=	CARBONATOS*

- Carbonatos: forte efervescência com HCL

## PROPRIEDADES TÉCNICAS DAS VITAMINAS COMERCIAIS

VIT	PARTÍCULAS		CONCENTR.	DENSID. g/cm <sup>3</sup>	SOLUB.
	Tamanho Microns	Número/g (1000)			
A	100-325 (86)	160	500.m.UI	.6 - .7	óleos
DB	100-250 (98)	1.700	500.m. UI	.4 - .5	óleos
E	100-500 (80)	200	50 %	.4 - .5	óleos
K3 (MSB)	50-325 (75)	175	52 %	.6	óleos
B1	50-80 (90)	1000	98 %	.3 - .4	sol
B6	50-150 (95)	1000	96 %	.2 - .3	sol
B12	100-160 (75)	+ 1000	.1 – 1. %	.6 - .7	sol
Fólico	50-150 (98)	1000	98 %	.4	Insol.
Nicotin.	150-325 (97)	1000	99 %	.7	sol
Pancal	100-200 (65)	+ 1000	92 %	0.7	sol
Biotina	100-160 (95)	760	2 %	0.5	sol

MICROVIT: Quality Standards – Rhône-Poulenc, 1996.

## MICROINGREDIENTES: TAMANHO DAS PARTÍCULAS / CV

**Rações – Padrão de homogeneidade = CV 5%**

Microingredientes	LIMITES	CV %
VITAMINAS	1 a 500 ppb	20
<u>microns</u>	1.000 a 5.000 ppb	10
50-300	10.000 ou + ppb	5
MICROMINERAIS	1 a 10 PPM	20
<u>microns</u>	50 a 500 PPM	10
180-420	1000 ou + PPM	5

German Feed Regulation, FMV. V.19, 1979.

## Critérios Para Um Premix de Microingredientes

	Substâncias	min - max.
		mm
Tamanho das Partículas	Vitaminas	0.05 – 0.30
	Microminerais	0.18 – 0.42
	Aminoácidos	0.25 – 0.84
	Antibióticos	0.18 – 0.60
	Antioxidantes	0.15 – 0.42
	Veículo	0.20 – 1.00
	<u>MIN</u>	<u>MAX</u>
Incorporação ( % )	0.10	1.0
Tamanho partículas (mm)	0.05	1.0
pH	4.5	6.5
Umidade %	5	7
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	.5	.7
Ângulo Repouso ( ° )	25	35
Higroscopicidade	Negativo	
Pulverulência	Negativo	
Eletrostacidade	Negativo	
V.P.C # II R.P.A.N. - BR. ,1998		

## Cálculos da Dispersão Teórica de Unidades Vitamínicas por Unidade de Ração

Vitamina concentração	Partículas (g)	Unidades vitaminas p/partícula	Unid. Vitam. Kg/Ração	Número Partículas Por g/r
A-500.000 UI/g	160.000	3.12 UI	10.000 UI	3.2
AD3 – 500/100000 UI/g	120.000	4.16/0.83 UI	10.000/2.000	2.4
E – 500mg/g	200.000	0.0025 mg	25 mg	10
B2 800mg/g	800.000	0.001mg	8mg	8

VPC # II. R.P.A.N. – BR. ; 1998.

## Conclusões

Poderíamos concluir, baseados nas informações técnicas contidas neste trabalho que, como regra geral devemos mensurar o tamanho e o grau de incorporação das partículas dos micronutrientes a serem incorporados as dietas animais. Também é fundamental sua homogênea dispersão no todo da ração, critérios como fluidez, dispersão e uniformidade devem ser avaliados e valorizados.

Como um exemplo clássico de importância de termos as partículas dos micronutrientes em perfeitas condições de fluírem e de se dispersarem nas dietas animais, citamos o caso da Vitamina ácido fólico. A incorporação do ácido fólico é na média uma grama por tonelada de ração.

Contendo cerca de 1.000.000 de partículas por grama, significa que se conseguirmos homogênea dispersão teremos 1.000.000 de partículas distribuídas em 1.000.000 de gramas de ração, ou seja uma partícula por grama de ração.

## Referências Bibliográficas

1. BEHNKE, K.C. 1981. Pellet mill performance as affected by mineral sources. *Feedstuffs* 53(12):34-36.
2. Evitando La confusion en la mezcladora. *Alimentos Balanceados para Animales*. Watt Publications Co. Ag./1998 pp. 30-34.
3. MCELHINEY, R.R. 1986. Feed pelleting in perspective. *Proc. Eighth Canadian Feed Technology Course, Canadian Feed Industry Assoc. Ottawa, Canada*.
4. MICROVIT = Normes de Qualité Rhône-Poulenc, 1995.
5. MICROVIT USER'S GUIDE. Rhône-Poulenc. Animal Nutrition, 1<sup>st</sup> Ed., 1996.
6. Vitamins in Animal Nutrition. 3<sup>rd</sup> Revised Edition. Arbeitsgemeinschaft für Wirkstoffe in der Tierernährung e. v. (AWT), Bonn 2, 1992
7. Vitamin Premix Clinic. Rhône-Poulenc Inc. Feed Additives Division, Atlanta, GA, 1987.
8. WONDRA, K.I, J.D. HANCOCK, K.C. BENKE CC.R. STARK, 1995. Effect of mill type and particle size uniformity on growth-performance, nutrient digestibility and stomach morphology in finishing pigs. *J. Anim. Sci*: 73:427.

# **IMPLICAÇÕES DA GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES NA QUALIDADE DE PELETES E NA ECONOMIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES**

## **(Revisão)**

***Joao Domingos Biagi***

Depto. de Pré Processamento de Produtos Agropecuários  
Faculdade de Engenharia Agrícola  
Universidade Estadual de Campinas

### **Introdução**

As razões e os benefícios de produzir peletes de boa qualidade estão bem documentados e aceitos. Procuraremos neste artigo analisar os principais fatores que influenciam a qualidade e a eficiência da produção de peletes. Entre estes fatores, destacam-se a variabilidade dos ingredientes, formulação da ração, consumo de energia, e os processos de moagem e mistura. O conhecimento da influência deste fatores e dos processos específicos das fábricas, pode possibilitar que técnicas de peletização sejam desenvolvidas e/ou aprimoradas, permitindo que a qualidade dos peletes, a taxa de produção e os lucros sejam maximizados. Peletizar custa dinheiro, melhores peletes custam um pouco mais. O retorno do investimento pode-se dar pela conveniência do transporte (manuseio) da ração e pelo provável aumento na eficiência do uso da ração pelos animais, em parte, devido ao aquecimento que reduz os agentes patogênicos e torna os amidos mais digeríveis.

### **Moagem – Redução de tamanho**

O processo de redução de tamanho dos grãos inicia-se com a retirada das camadas de proteção externas (cascas). Na seqüência, a redução de tamanho aumenta o número de partículas e a área superficial por unidade de volume. O aumento desta área de exposição permite maior ação de enzimas digestivas e acesso aos componentes nutricionais. A redução de tamanho além de modificar as características físicas pode melhorar os processos de mistura, peletização, manuseio e transporte.

Os equipamentos mais usados, pelas indústrias de fabricação de rações, para a redução de tamanho são os moinhos de martelos e de rolos.

#### ***Moinhos de Martelos***

Realiza a redução de tamanho por impacto dos martelos com os produtos que entram no moinho. A velocidade dos martelos variam de 4.880 a 7.015 m/min. O aumento da velocidade, obtida com a variação do diâmetro do rotor, produz partículas de menores diâmetros. A distribuição do tamanho das



partículas tem grande variação em torno do valor médio e geralmente são de forma esférica (Koch, 1996).

Algumas vantagens e desvantagens dos moinhos de martelos com relação aos moinhos de rolos são:

Vantagens:

- permite produzir uma grande faixa de tamanho de partículas;
- trabalha com qualquer material friável ou fibroso;
- menor custo inicial;
- menor custo de manutenção;
- o funcionamento e a operação do equipamento são simples.

Desvantagens:

- menor eficiência com relação ao uso de energia, gera calor durante a operação o que pode causar redução da umidade do produto;
- gera barulho e poluição, necessita de um sistema auxiliar exaustão de ar;
- a variabilidade do tamanho das partículas, para uma mesma peneira, é grande.

**Moinhos de Rolos**

A redução de tamanho é conseguida pela combinação de forças, principalmente compressão e cisalhamento. As partículas produzidas tendem a ser uniformes em tamanho, porém de formas irregulares (mais cúbicas e retangulares do que esféricas), o que pode causar a redução da massa específica do produto moído. Para partículas de tamanhos similares, a massa específica do produto moído com moinhos de rolos é geralmente de 5 a 10% menor do que a do mesmo material moído com moinhos de martelos Koch (1996).

Algumas vantagens e desvantagens dos moinhos de rolos com relação aos moinhos de martelos, são:

Vantagens:

- maior eficiência com relação ao uso de energia,
- tamanho das partículas é uniforme,
- pouco barulho e poluição.

Desvantagens:

- dificuldades para moer material fibroso,
- partículas de formas e dimensões irregulares,
- alto custo inicial,
- alto custo de manutenção.

Para a escolha de um moinho, considerações devem ser realizadas com relação aos produtos que deverão ser moídos, a faixa de variação do tamanho das partículas requerido, a capacidade de produção e ao layout da fábrica Anderson (1995).

### ***Efeitos do Tamanho das Partículas na Durabilidade dos Peletes***

Tendo em vista que muitos das rações são peletizadas, e ainda algumas trituradas, a interação tamanho da partícula com a forma da ração deve ter atenção especial. O tamanho da partícula dos grãos pode influenciar a integridade ou durabilidade dos peletes. Por muito tempo um princípio ou “crença” da peletização é que partículas menores (finos) resultam em peletes mais duráveis (Waldroup 1997).

O Guia de Peletização da Associação Americana de Fabricantes de Ração indica que “partículas finas ou médias oferecem mais superfície para a absorção de umidade proveniente do vapor, resultando em melhor lubrificação e aumento da taxa de produção” e que “partículas maiores resultam em pontos naturais de quebra dos peletes, criando mais finos”. Porém, de acordo com Waldroup (1997), há pouca evidência científica para suportar estas afirmações.

Young et al (1962) citados por Waldroup (1997), compararam os efeitos da moagem e tamanhos das partículas, usando uma ração para perus, na durabilidade dos peletes. Usaram moinhos de martelos (peneiras de 3,18 e 6,35mm) para produzir partículas finas e médias e um moinho de rolos para produzir partículas grossas. A granulometria aparentemente teve pouco efeito no custo da energia da peletização ou na porcentagem de finos produzidas.

Martins (1983) e Reece et al (1986), utilizando moinhos de martelos e de rolos para moer milho e sorgo para diferentes tamanhos de partículas, não encontraram diferenças na durabilidade dos peletes quando compararam os processos de moagem e a granulometria das partículas.

Considerando que o custo da energia no processo de moagem aumenta com a diminuição das partículas (Tabela 13) deve-se questionar a necessidade de se ter partículas menores para o processo de peletização. Produtos finos tem pouca influência na capacidade de peletização ou na eficiência elétrica da peletizadora. Young et al (1962) e Martins (1983).

### **Mistura**

O processo de mistura de ingredientes quando ocorre de forma satisfatória produz uma ração uniforme, em um tempo mínimo com menores custos, uso de potência e trabalho. A variação dos nutrientes nas rações podem ocorrer devido a variação na composição e/ou qualidade dos ingredientes, processo de mistura não adequado, segregação depois da mistura e erros na pesagem e enchimento do misturador Herrman e Behnke, (1994) e Fei, (1997). Uma definição funcional de uma mistura uniforme pode ser “todos os nutrientes estarão presentes em quantidade suficiente na ração ingerida diariamente pelos animais, para atender suas necessidades” Fei (1997).

Alguns fatores que podem alterar a performance de um misturador, são: tempo insuficiente de mistura, forma e tamanho das partículas e massa específica dos ingredientes, seqüência da adição dos ingredientes, adição de ingredientes líquidos, partes quebradas do misturador, regulação incorreta,

projeto inadequado do misturador, limpeza do misturador e carregar o misturador com quantidade diferente da recomenda para a sua operação.

### **Peletização**

Clima, umidade da ração e fontes dos ingredientes são algumas variáveis que afetam o processo de peletização Winowski (1995). Avaliação de peletização em curtos períodos pode minimizar os efeitos de variáveis não controláveis.

De acordo com Payne (1997), assumindo adequados os processos de moagem, mistura e condicionamento, dois outros requerimentos são necessários para a produção de peletes de qualidade: boa formulação da ração e energia suficiente para o motor da peletizadora.

#### **1. Determinação do Fator de Qualidade dos Peletes, quando da formulação das rações**

Este fator pode ser usado como uma ferramenta para prever a qualidade dos peletes e maximizar a produção. Considera, principalmente as condições que alguns materiais apresentam no processo de peletização, de fácil ou difícil aglomeração.

#### **2. Cálculo da energia específica (kWh/t) requerida pelo motor da peletizadora**

A produção de peletes de alta qualidade requer maior fornecimento de energia. Para produzir rações peletizadas para aves de corte, suínos e ruminantes com durabilidade e taxas de produção aceitáveis, pelo menos, 10, 12/15 e 20/25 kWh/T., respectivamente, devem ser usados pelo motor da peletizadora. Na produção de rações para peixes e camarões são requeridos 12 kWh/T (PAYNE, 1997).

Para determinar quantos kWh/T (unidades de energia elétrica, usadas pelo motor da peletizadora, para produzir uma tonelada de peletes) a produção em toneladas/hora precisa ser conhecida, bem como a voltagem e amperagem requeridas pela peletizadora. Para conhecer a taxa de produção, determina-se o tempo necessário para produzir uma certa quantidade de ração e calcula-se a capacidade em toneladas/hora. Aplicando-se as equações 1 e 2, determinamos a potência do motor da peletizadora:

$$\text{kW} = (\text{amperagem média do motor} \times \text{voltagem} \times 1,73 \times \text{fator de potência}) \times 10^{-3} \quad (1)$$

O fator de potência deve ser assumido sendo igual a 0,93.

$$\text{requerimento (consumo) de energia específica (kWh/t)} = \text{kW}/(\text{ton.} \times \text{tempo}) \quad (2)$$

### **Condicionamento**

O processo de condicionamento inicia-se com a moagem dos ingredientes que compõem a ração. A análise da granulometria dos ingredientes e da ração, permite avaliar o processo de moagem e indicar problemas ocorridos na moagem, como por exemplo peneiras com furos alterados.

A adição, o teor e a estabilidade da umidade são importantes fatores relacionados à eficiência da peletização, da qualidade dos peletes e redução das perdas (degradação dos peletes). Não só um nível constante, mas também uma distribuição uniforme da umidade das partículas, melhora a qualidade dos peletes, conversão alimentar e taxa de crescimento, Payne (1994). Não importa qual o processamento ou condicionamento recebidos pela ração, não é possível controlar o movimento da umidade dos peletes durante o armazenamento, devido a própria quantidade de água dos peletes e das condições ambientais. Quando a água no interior dos peletes começa a se mover (migrar), logo começa a degradação dos peletes, Payne (1994).

No condicionamento, verificar se o condicionador apresenta fluxo uniforme de produto. É desejável que calor e umidade sejam transferidos para o produto os mais uniforme e rápido possível. Portanto, é importante considerar a qualidade do vapor, a velocidade do vapor na entrada do condicionador, a(s) localização(ões) da(s) entrada(s) do(s) tubo(s) de vapor e o volume de produto no condicionador. O vapor deve estar "seco" na entrada do condicionado, sem água condensada.

O transportador não produz um fluxo uniforme de produto, mas descarrega uma quantidade de material em cada rotação. Um transportador menor, usando alta velocidade ou ajustar o condicionador para uniformizar o fluxo podem resolver o problema.

Rações para frangos, geralmente contém altas quantidades de cereais (milho-soja) e pouca fibra. Assim, a estrutura dos peletes dependem de bom condicionamento, isto é, calor e umidade para amolecer as partículas para que possam moldar-se com um mínimo de energia.

Payne (1994) sugere baixa pressão 1,0 a 1,5 Bar, para aumentar a temperatura para 90°C e a umidade para 18%. Para isto, a pressão do vapor deve ser reduzida em um ponto na tubulação, a pelo menos 6 metros do condicionador. O diâmetro do tubo entre a válvula de redução de pressão e o condicionador deve ser dimensionado corretamente.

### ***Fatores que afetam a Qualidade dos Peletes***

Winowski (1995) realizou experimentos para verificar a influencia, na durabilidade dos peletes, de fatores que tem efeitos diretos no processo de peletização: temperatura, adição de aglomerantes e taxa de produção.

Trinta e seis toneladas de ração foram peletizadas a uma taxa de 26t/h. A qualidade dos peletes melhorou com o aumento da temperatura, a durabilidade cresceu com os aumentos de temperaturas provocadas pela abertura da válvula de vapor. Aumento da temperatura até 85°C reduziu a amperagem, a partir deste ponto a amperagem aumentou. A inclusão de 1,25% de aglomerante (lignina), permitiu a temperatura chegar até 90°C, sem risco de obstrução, e a taxa de produção pode ser aumentada para 32t/h sem que a qualidade dos peletes fosse diminuída.

A adição de aglomerantes, tem como objetivo resolver problemas e/ou melhorar a qualidade dos peletes. A tecnologia da adição de lignina avançou rapidamente nos últimos anos. Algumas foram desenvolvidas para melhorar a

qualidade dos peletes outras para melhorar a eficiência das peletizadoras. De acordo com Payne (1994) e (1997), a adição de aglomerantes pode melhorar a estabilidade dos peletes, apesar da pouca evidência científica para suportar esta afirmação. A adição de aglomerante (lignina) tem como benefícios: aumentar a taxa de produção da peletizadora em até 20%, reduzir potências / energias requeridas, reduzir finos de retorno em até 50%, melhorar a eficiência da peletização, clientes mais satisfeitos, melhorar a distribuição do comprimento dos peletes, melhorar a estabilidade da umidade dos peletes, diminuição de fungos, aumenta vida útil das matrizes e rolos da peletizadora e economicamente viável.

O aglomerante, em estado viscoso, permite melhor interação entre rolos, anéis e ração, resultando em um processo de peletização mais eficiente, produzindo peletes mais firmes e uniformes no comprimento. O melhor contato dos rolos com a ração e a diminuição do deslizamento possibilitam uma redução na amperagem e na flutuação da amperagem.

A adição de aglomerante permitiu a ração ser condicionada à temperaturas mais altas. Os testes foram com ração de peru como controle e a mesma ração com 1% de gordura adicionada no misturador. O requerimento de potência foi reduzido de 6,6 para 5,9 kWh/T. A adição permitiu que a temperatura de condicionamento aumentasse de 77°C para 82°C. A durabilidade dos peletes aumentou com o aumento de temperatura, mas o condicionamento adicional conseguido com gordura não foi suficiente para compensar o efeito negativo na qualidade dos peletes (moles e pegajosos).

Trigo é um ingrediente de/para rações com propriedades aglutinantes. Testes comparando rações com 1,25% de lignina, com rações com 10% ou 20% de trigo (ração milho/soja), indicaram que a lignina foi equivalente a 18% de trigo. Sendo a temperatura, novamente um fator positivo na qualidade dos peletes.

Peletes (cubos) com alto teor de fibra não absorvem umidade na câmara de condicionamento, portanto, a água permanece na superfície das partículas, causando excessiva lubrificação entre as partículas. Esta condição faz com que o centro do cubo entrude mais rápido do que o exterior.

Os resultados combinados dos experimentos realizados por Winowski (1995), com peletes de milho-soja estão resumidos na Tabela 1, considerando como base peletes com durabilidade 70, as principais recomendações do trabalho são: temperatura deve ser maximizada e a gordura minimizada, manutenção da temperatura em nível constante, não é alcançada, devido aos equipamentos em uso, aglomerantes podem melhorar a qualidade dos peletes, não dependem da temperatura e podem reduzir a quantidade de finos e o monitoramento da temperatura de condicionamento e da amperagem de peletizadora devem ser realizados.

Na análise de problemas com a qualidade dos peletes ou capacidade (taxa) de produção, e se as etapas anteriores atenderem os requerimentos estabelecidos, outros itens devem ser observados:

- Se o material (finos) que retorna para a peletizadora, contém partículas grandes ou mesmo peletes inteiros, possivelmente o problema está na peneira de seleção.

**Tabela 1- Respostas aos Fatores que Afetam a Qualidade dos Peletes (Winowski, 1995).**

<b>Fator</b>	<b>Durabilidade</b>
Controle	70,0
Aumento da Temperatura 5°C	75,1
Aumento da Temperatura 10°C	79,4
Redução da 0,5% de gordura	75,0
Adicionar 1,25% de Aglomerante	82,5
Diminuir a produção em 20%	71,3
Adicionar 10% de Trigo	75,4

- Se algum ingrediente está saindo do moinho na forma original, por exemplo, ingredientes peletizados.

- Se a análise do produto final indicar alterações com relação a formulação, verificar os ingredientes e silos de armazenagem, pode estar ocorrendo mistura de ingredientes antes do processo de mistura.

- Se a temperatura e umidade dos peletes na saída do resfriador, devem estar dentro de níveis aceitáveis para a armazenagem sem a ocorrência de deterioração.

- Se houver a necessidade da adição de água. Considerar que a dispersão da água é difícil e pode ocasionar "pontos úmidos", que provocam a degradação dos peletes.

- Se está havendo adição de outros líquidos, gordura e melado, verificar se a dispersão está uniforme.

- Se os rolos da peletizadora estão posicionados corretamente e se a matriz (furos) não estão gastos. O comprimento não uniforme dos peletes pode ser uma indicação destes problemas.

### **Qualidade dos Peletes**

A qualidade dos peletes tem grande importância econômica. Finos são formados geralmente por ações mecânicas (impacto, compressão e cisalhamento) durante o transporte.

Problemas com a qualidade dos peletes ocorrem quando a durabilidade dos peletes fica abaixo de um nível de aceitabilidade estabelecido pelo fabricante. Problemas com a taxa de produção ocorrem quando a qualidade dos peletes e a capacidade de produção ficam abaixo dos níveis de aceitabilidade estabelecido pelo fabricante. Os níveis de aceitabilidade variam de país para país, de região para região e dependem da habilidade técnica de produção, da qualidade dos ingredientes das rações e das pressões de mercado. Portanto, as empresas devem estabelecer seus níveis de qualidade e as margens de variação que serão toleráveis. Como resposta para a demanda de peletes de melhor qualidade, uma maior quantidade de energia elétrica por tonelada de ração peletizada esta sendo

usada, mais especificamente em rações para ruminantes e suínos do que para aves de postura (PAYNE, 1997). Peletes de maior durabilidade reduzem segregação e perdas, aumenta palatabilidade e permitem que rações sejam ingeridas em menor tempo (Winowski, 1995).

Os principais métodos usados para medir os efeitos combinados destas forças são: Método da Kansas State University, Medida Direta dos Finos, Teste de Holmen, Agitador com Peneiras Abertas (variação do método da KSU), Comprimento dos Peletes e Dureza (Winowski, 1995). Peletes de qualidade tem maior valor econômico (clientes podem dar uma medida subjetiva desta qualidade). O acompanhamento dos processos envolvidos na peletização é a melhor forma de correção e aumento da qualidade.

**Tabela 2- Efeitos da granulometria e temperatura do vapor na durabilidade de peletes de uma ração inicial para perus (Young et al., 1962).**

Granulo <sup>1</sup>	Aumento da Temperatura (C)	Energia p/Peletizar (kWh/T)	% Finos Produzida
Fino	16	13,36	28,1
Médio	16	16,19	29,3
Grosso	16	15,33	22,3
Fino	33	9,33	16,6
Médio	33	9,82	18,1
Grosso	33	9,56	17,4
Fino	50	7,58	11,1
Médio	50	8,09	14,0
Grosso	50	7,48	10,4
Fino	Médio	10,09	18,6
Médio	Médio	11,36	20,5
Grosso	Médio	10,79	16,8

<sup>1</sup>Fino e Médio produzidos usando moinho de martelos com peneira de 3,2 e 6,4mm, respectivamente. Grosso produzido usando moinho de rolos.

**Tabela 3- Efeitos da granulometria das partículas na qualidade dos peletes e na eficiência da peletização (Martin, 1983)<sup>1</sup>**

	<b>Diâmetro Méd. das Partículas (<math>\mu</math>)</b>	<b>Índice de durabilidade dos peletes (%)</b>	<b>Capac. de produção (kg/h)</b>	<b>Eficiência Elétrica (Kwh/MT)</b>
Granulo		Milho		
Moinho de Martelos				
3,2 mm	604	92,9	1581	10,24
6,4 mm	888	92,3	1595	10,16
Moinho de Rolos				
Fino	981	92,1	1546	10,57
Grosso	1477	92,2	1590	10,23
		Sorgo grãos		
Moinho de Martelos				
3,2 mm	530	93,2	1500	10,92
6,4 mm	709	91,9	1616	10,04
Moinho de Rolos				
Fino	1060	92,2	1600	9,96
Grosso	1416	91,9	1529	10,75

<sup>1</sup> Valores médios de dois estudos usando uma peletizadora de 25 hp com matriz de 50,8 mm. com furos de 4,8 mm de diâmetro.



**Tabela 4 - Efeitos da granulometria de milho moído por um moinho de martelos usando duas peneiras no diâmetro médio e na durabilidade dos peletes de ração para frangos (Reece et al., 1986a).**

Item	Diâmetro 4,76 mm	Peneira 6,35 mm
Diâmetro médio, $\mu$	910	1,024
Durabilidade dos Peletes, %	91	91

**Tabela 5 - Efeitos da granulometria de milho e sorgo usados em ração para suínos no consumo de energia, durante a moagem e na peletização (Healey et al., 1994).**

Item	Diâmetro médio das partículas ( $\mu$ )			
	900	700	500	300
Energia na Moagem Kwh/t				
Milho	5,3	9,2	15,7	24,5
Sorgo duro	1,7	2,4	3,8	20,1
Sorgo mole	1,9	2,5	4,3	15,3
Taxa de Moagem, t/h				
Milho	1,76	,97	,63	,65
Sorgo duro	5,95	4,12	2,37	,74
Sorgo mole	4,48	3,43	1,89	1,17
Energia na Peletização, Kwh/t				
Milho	38,3	37,4	36,4	36,7
Sorgo duro	37,7	40,5	37,2	37,8
Sorgo mole	40,3	39,0	35,1	37,4
Peletes finos, %				
Milho	3,5	3,6	3,8	3,8
Sorgo duro	3,5	2,9	3,1	2,9
Sorgo mole	3,8	3,1	3,0	3,8
Durabilidade dos Peletes, %				
Milho	97,3	95,3	95,3	96,0
Sorgo duro	96,0	95,3	94,7	97,3
Sorgo mole	95,3	95,3	95,3	96,0

**Tabela 6- Efeitos do tempo de mistura na uniformidade da ração e na performance de frangos (McCoy et al., 1994).**

Item	Rotações do Misturador		
	5	20	80
Coeficiente médio diário, g	40,5	12,1	9,7
Ganho médio diário, g	26,6b	30,0 <sup>a</sup>	30,3a
Consumo diário, g	43,1	51,5	52,7
Consumo/ganho, g/g	1,82a	1,72b	1,74b
Mortalidade, %	12,0	0,00	0,00

<sup>1</sup> Determinado usando sal.

**Tabela 7- Efeitos da granulometria dos grãos na eficiência do misturador e na uniformidade da ração (Martin, 1983).**

Granulo	Coeficiente de Variação						
	Diâmetro Médio das Partículas ( $\mu$ )		Tempo de Mistura (min.)			Na Saída do Misturador	Antes da Peletizadora
			0,5	1,5	3,0		
	Milho						
Moinho de Martelo	3,2mm	554	40,0	7,7	8,4	6,4	7,72
	6,4mm	861	42,3	11,0	7,7	6,08	11,0
Moinho de Rolos	Fino	908	35,7	10,8	9,3	7,78	13,94
	Grosso	1414	63,2	17,3	14,2	10,28	13,56
	Sorgo      Grãos						
Moinho de martelo	3,2 mm	502	30,2	8,8	9,2	6,12	8,55
	6,4 mm	706	42,0	9,7	7,8	7,36	11,54
Moinho de Rolos	Fino	834	45,0	10,3	10,5	9,50	17,83
	Grosso	1250	51,5	14,8	11,2	10,43	13,17

**Tabela 8 - Efeitos da moagem de milho em moinhos de martelos e rolos na performance de poedeiras (Deaton et al., 1989)<sup>1</sup>**

Item	Moinho de Martelos	Moinho de Rolos
Diâmetro Médio das Partículas, $\mu$	814 - 873	1.343 - 1.501
Ganho de peso semana, g	303	320
Produção diária poedeiras, %	74,72	73,37
Peso dos ovos, g	57,1	57,1
Consumo/poedeira/dia, g	96,0	94,7
Consumo/ovo, g/g	2,26	2,27
Força quebrar ovo, kg	3,14	3,15
Mortalidade, %	15,2	16,7

<sup>1</sup> Moinho de martelos peneira de 4,8 mm; moinho de rolos dois pares de rolos com 0,635 mm de espaço no topo e 0,318 mm no rolo de baixo.

## Conclusão

O monitoramento de todos os processos envolvidos na peletização (moagem, mistura, condicionamento), da qualidade dos ingredientes usados na formulação e da qualidade das rações, permitirá gerenciar as fábricas de forma mais efetiva e a resolução de problemas ser realizada mais rapidamente.

Temperatura de condicionamento é um fator importante para melhorar a qualidade dos peletes. Gordura é um bom lubrificante, mas pode ter efeitos adversos na qualidade dos peletes. Aumentar a quantidade de vapor e minimizar a adição de gordura (no misturador) pode melhorar a qualidade dos peletes a um custo relativamente baixo por tonelada. Formulação de rações pode ser usada para melhorar a qualidade, com a adição de aglomerantes (lignina ou trigo). A taxa de produção tem pouca influência na qualidade dos peletes, deve ser maximizada dentro das condições específicas de funcionamento da peletizadora.

## Observação

O objetivo de deste trabalho foi o de realizar uma revisão de literatura sobre a tecnologia de peletização de rações. Os dados apresentados e os fabricantes de peletizadoras, equipamentos para testes de qualidade dos peletes e aglomerantes foram os encontrados na referencias citadas e usados apenas para mostrar as pesquisas e/ou tecnologias desenvolvidas mais recentemente.

## Referências Bibliográficas

1. AMERICAN SOYBEAN ASSOCIATION . Singapore. [www.pacweb.net.sg/asa](http://www.pacweb.net.sg/asa).
2. ANDERSON S. J., 1995. Roller Mill Grinding for Mash Feeds. Technical Bulletin. Vol FT 25-1995. American Soybean Association. Singapore.

3. BAKER, S. and HERRMAN, T., 1995. Evaluating Particle Size. Feed Manufacturing. MF-2051. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.
4. BELL, B., 1997. Wheat for Animal Feed. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA), Ontário, Canadá. [www.gov.on.ca/OMAFRA](http://www.gov.on.ca/OMAFRA)
5. BROZ, J., SCHAI, E. and GADIENT, M., 1997. Micronutrient Stability in Feed Processing. Technical Bulletin. Vol FT 42-1997. American Soybean Association. Singapore.
6. CALIFORNIA PELLET MILL – CPM, 1998. Catálogos. [www.roskamp.com/cpmText](http://www.roskamp.com/cpmText).
7. CLARK, M., 1997. Least Cost Formulation Techniques. Technical Bulletin. Vol PO 35-1997. American Soybean Association. Singapore.
8. DIBNER, J., 1997. The Effect of Ingredient Texture, Form and Freshness on Gastrointestinal Health in Young Broilers. Technical Bulletin. Vol PO 30-1997. American Soybean Association. Singapore.
9. DUNKENBERGER, J., 1998. Application of Expanded Feed in Animal Nutrition. Symposium Safe Feed Safe Food. Technological and Nutritional Aspects of Safe Feed Production. Utrecht, The Netherlands.
10. FEI, C.S., 1997. Ensuring Optimum Feed Mixability in Feed Manufacturing. Technical Bulletin. Vol FT 41-1997. American Soybean Association. Singapore.
11. GOODBAND, R.D., TOKACH, M.D. and NELSEN, J.L., 1995. The Effects of Diet Particle Size on Animal Performance. MF-2050. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.
12. HARNER III, J.P., BEHNKE, K. and HERRMAN, T., 1995. Rotating Drum Mixers. Feed Manufacturing. MF-2053. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.
13. HEIJNEN, G., 1998. Additive Addition at the Last Moment. Symposium Safe Feed Safe Food. Technological and Nutritional Aspects of Safe Feed Production. Utrecht, The Netherlands.
14. HERRMAN, T. and BEHNKE, K., 1994. Testing Mixers Performance. Feed Manufacturing. MF-1172. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.
15. HERRMAN, T. and HARNER III, J.P., 1995. Portable Grinders-Mixers. Feed Manufacturing. MF-2054. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.
16. HERRMAN, T. and HUKL, G., 1997. Grain Grading Standards in Feed Manufacturing. Feed Manufacturing. MF-2034. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.

17. JOHNSTON, L., HOGBERG, M. and MAHAN, D., 1994. Feed Processing for Swine. Cooperative Extension Service. Purdue University. West Lafayette, IN, USA.
18. KEPLER WEBER. Canal KW e Catálogos Porto Alegre, RS. [www.kepler.com.br](http://www.kepler.com.br).
19. KOCH, K., 1996. Hammermills and Roller Mills. Feed Manufacturing. MF-2048. Department of Grain Science and Industry. Cooperative Extension Service. Kansas State University. Manhattan, KA, USA.
20. LESLIE, A. J., 1997. Quality Control in Feedmilling, Procedures for an Effective Program. Technical Bulletin. Vol FT 39-1997. American Soybean Association. Singapore.
21. PAYNE, J.D., 1994. Practical Production Aspects for Higher Efficiency and Pellet Quality for Poultry Feed. Technical Bulletin. Vol PO 12-1994. American Soybean Association. Singapore.
22. PAYNE, J.D., 1997. Troubleshooting the Pelleting Process. Technical Bulletin. Vol FT 40-1997. American Soybean Association. Singapore.
23. WALDROUP, P. W., 1997. Particle Size of Cereal Grains and its Significance in Poultry Nutrition. Technical Bulletin. Vol PO 34-1997. American Soybean Association. Singapore.
24. WINOWISKI, T.S., 1995. Pellet Quality in Animal Feed. Technical Bulletin. Vol FT 21-1995. American Soybean Association. Singapore.
25. WINOWISKI, T.S., 1995. Factors that Affect Pellets Quality and Trouble Shooting the Pelleting Process. Technical Bulletin. Vol FT 23-1995. American Soybean Association. Singapore

## **TAMANHO DAS PARTÍCULAS DE MILHO MOÍDO PARA RAÇÕES E COMO MEDI-LAS FACILMENTE ATRAVÉS DO GRANULÔMETRO**

***Claudio Bellaver, Dirceu L. Zanotto e Paulo A. R. de Brum***

Pesquisadores Embrapa Suínos e Aves, C.P. 21, CEP 89700-000, Concórdia, SC.

A alimentação de aves e suínos representa cerca de 2/3 do custo de produção desses animais. Todo o cuidado tem sido despendido para melhoria da alimentação. Os ingredientes tem sua composição proximal determinada, as exigências dos animais são atendidas a programação matemática linear ajuda encontrar a dietas de menor custo. Entretanto, um item pouco conhecido, mas de muito valor, tem sido negligenciado na produção animal. Trata-se do conhecimento da granulometria dos ingredientes, cujo efeito tem sido estudado por diversos autores havendo certa controvérsia a respeito. Há estudos mostrando que dietas com ingredientes finamente moídos, apresentam melhor desempenho do que dietas constituídas por ingredientes grosseiramente moídos. Por outro lado, outras pesquisas mostraram que a granulometria fina traz um prejuízo no consumo e no ganho de peso com melhoria na conversão alimentar. Para elucidar essas dúvidas, pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves desenvolveram vários estudos com suínos e aves modificando a granulometria do milho e avaliando os efeitos sobre o desempenho dos animais, digestibilidade do milho e rendimento de moagem. O milho foi usado como modelo, pois no Brasil são usadas cerca de 20 milhões de toneladas de milho para dietas animais, sendo que pequenas melhorias na produtividade das rações, representaria um uso potencial muito grande.

Uma linha de pesquisas com suínos em crescimento, mostrou que os animais tiveram a digestibilidade do milho melhorada pelo efeito da redução do tamanho das partículas do milho, dentro de limites aceitáveis. Foi verificado que a digestibilidade da proteína e energia diminuíram a medida que aumentou o diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas de milho. É provável que o efeito esteja associado ao aumento da superfície de exposição do alimento às secreções digestivas em relação ao tempo de permanência do alimento no trato digestivo do suíno. Há indicações que a granulometria indicada para suínos seja na faixa de 500 a 650 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) ou seja, 0,50 a 0,65mm.

Com aves, foram testadas as moagens de milho que proporcionassem DGM de 500 a 1050  $\mu\text{m}$ . A peneira usada para obter 500  $\mu\text{m}$  foi de 2,5mm e para 1050  $\mu\text{m}$  foi de 10 mm. Observou-se que o consumo de energia elétrica diminuiu 61% e o rendimento de moagem aumentou 143 % com o uso de peneira de 10 mm em relação a peneira de 2,5 mm. Os milhos assim moídos foram testados com frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Foi constatado que o DGM das partículas de milho não influenciou o peso das aves, o consumo de ração e a conversão alimentar. Considerando esses aspectos, o milho com DGM de 1050

$\mu\text{m}$  é o indicado, pois apresenta economia de energia e maior rendimento na moagem.

Esses resultados, nas duas espécies, indicam ser importante o conhecimento do DGM para os usuários de milho nas rações. É preciso definir que os usuários desse conhecimento podem ser fábricas de rações ou pequenos produtores, os quais comprem o concentrado protéico e o misturam com milho moído em suas propriedades. Entretanto, a tarefa de medir o DGM não é muito simples de ser executada rotineiramente nas propriedades rurais. Para a determinação do DGM, são necessários um equipamento vibrador de peneiras, um conjunto de peneiras com diferentes malhas, balança de precisão, estufa para secagem, bandeja para amostra e material de limpeza das peneiras. Além disso, é necessário seguir um procedimento laboratorial. Finalmente, é necessário calcular o valor do DGM com base numa fórmula matemática de difícil aplicação entre os produtores rurais. Um exemplo de cálculo é mostrado na Tabela 1. Em função dessas dificuldades que possivelmente aconteceriam no produtor, foi criado um instrumento que tem por finalidade medir o DGM e que é chamado de granulômetro.

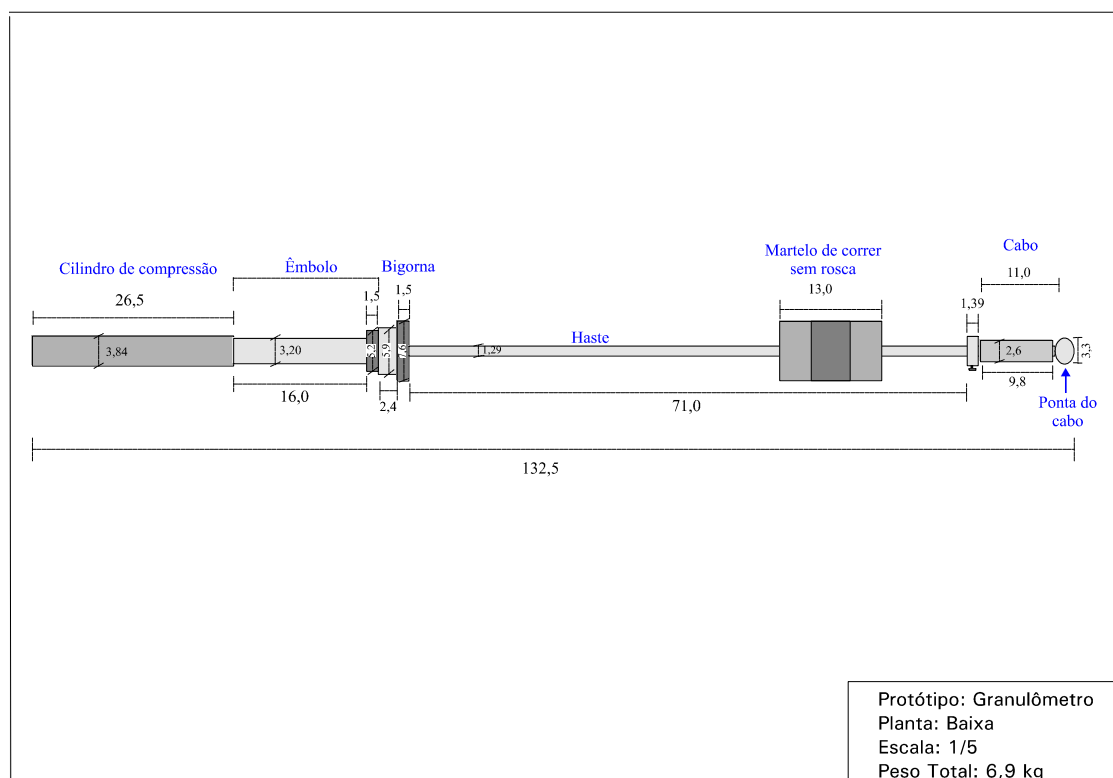
O granulômetro (Fig.1) é um instrumento mecânico, construído pela Embrapa Suínos e Aves (Concórdia-SC) e Embrapa Instrumentação Agropecuária (São Carlos - SP), que tem por finalidade medir o tamanho das partículas de milho moído, após o processo de moagem. Para seu funcionamento, não há necessidade de outros equipamentos e de cálculos matemáticos que dificultam a obtenção do DGM. Baseia-se na propriedade que partículas mais finas tendem a se aproximar mais umas das outras quando comprimidas, reduzindo os espaços vazios e apresentando maior compressibilidade do que partículas grossas. Por isso, o granulômetro tem um embolo de peso que deve ser deslocado verticalmente e manualmente, soltando-o por três vezes para comprimir a amostra de milho colocada no cilindro de compressão. Com essa ação, ocorrerá maior compressão das partículas de milho mais finamente triturado em relação àquele mais grosseiramente moído. Esta parte da operação é mostrada na Fig. 2. Para facilidade de interpretação o produtor pode ver o DGM numa escala colorida, em que, para suínos o verde e para aves o amarelo, indicam boa moagem. O vermelho mostra que o tamanho das partículas é inadequado e está fora das especificações definidas pela pesquisa. O verde situa-se na faixa de 500 a 650  $\mu\text{m}$  e o amarelo de 850 a 1050  $\mu\text{m}$ . A escala de cores foi matematicamente calculada por regressão linear e calibrada com milhos previamente moídos em várias finuras e que foram submetidos ao mesmo procedimento no laboratório. Portanto, todos os cálculos foram feitos previamente e o usuário tem apenas que ler na escala de cores qual é o DGM de sua amostra. Caso o milho esteja fora de especificação, o produtor tem então, que observar as condições da moagem, verificando o estado e tipo de peneiras usadas e também observar que a potência do motor seja adequada a uma boa moagem de milho.

O granulômetro encontra-se na fase de protótipo, não sendo ainda encontrado no comércio. O instrumento não tem similares noutros países, sendo que parcerias para sua difusão são bem vindas. O emprego desse conhecimento assegura uma maior produtividade animal e (ou) economia de energia.

**Tabela 1 - Exemplo de cálculo do DGM em uma amostra de milho<sup>1</sup>.**

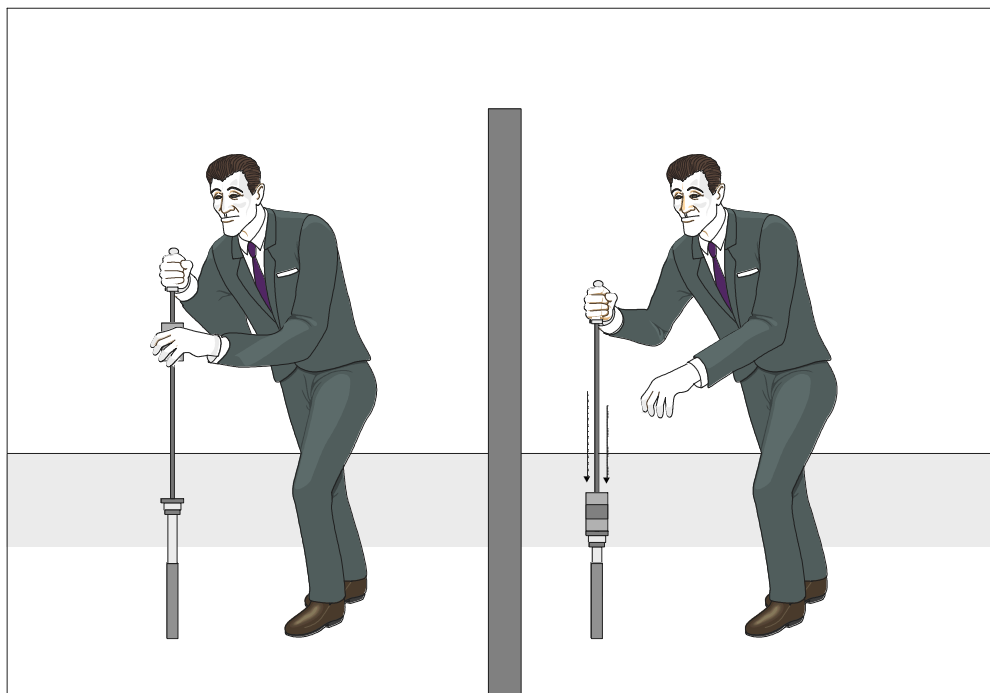
Peneiras			Retenção nas peneiras		
No. ABNT	Furos, mm	Peso, g	% R	Fator Ki	Ki * %R
5	4	5	2,5	6	15,0
10	2	19	9,5	5	47,5
16	1,2	40	20	4	80,0
30	0,6	76	38	3	114,0
50	0,3	37	18,5	2	37,0
100	0,15	23	11,5	1	11,5
Fundo	0	0	0	0	0,0
Total	-	200	100	-	305 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Procedimento laboratorial descrito no Comunicado técnico 215 da Embrapa Suínos e Aves; <sup>2</sup> Modulo de finura (MF):  $305 / 100 = 3,05$ ;  $DGM \mu m = 104,14 * 2^{MF}$ ;  $DGM = 104,12 * 2^{3,05} = 862 \mu m$ .



**FIG. 1. Planta baixa do granulômetro (medidas em cm).**





**FIG. 2.** Operação de compressão do milho para estimativa do DGM.